TRADUCCION AUMENTADA

DEL

CURSO DE BOTÁNICA

DEL

Dr. K. PRANTL.

EDITADA PARA EL USO DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN CÁRLOS

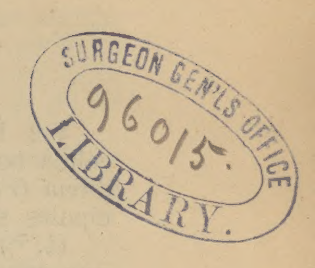
Por Jorje Hieronymus,

Catedrático de Botánica en la misma Universidad y miembro de la Academia Nacional Argentina de Ciencias Exactas, etc.

Entrega primera: Botánica general.

CÓRDOBA

Imprenta del Eco de Cordoba.



PRIMERA PARTE.

Estructura y forma externa de los vegetales en general.

§ 1. Los vegetales se componen de células, ó en parte, de órganos, que son transformaciones de ellas. Se conoce fácilmente la estructura celulosa de las diferentes partes de un vegetal superior, por medio de un corte donde ya se ven con poco aumento microscopical, numerosos huecos pequeños que están separados por paredes sólidas. Así es posible á veces separar las células, que están de esta manera unidas á tejido á primera vista firme, con solo aprensar éste (v. gr., el tejido dentro de las frutas del Symphoricarpus racemosa y de los plátanos (bananos) especies de Musa); aparecen ellas entónces como vejigas de todos lados enteramente cerradas, que están llenas de savia, etc. Ciertas células se hallan aisladas; así es que el pólen (que es el sémen de los órganos masculinos de los vegetales fanerógamos) se compone enteramente de células aisladas; tambien hay muchos vegetales inferiores (de los que se llaman vulgarmente Algas y Hongos) que no son mas que células aisladas.

Los órganos de los demas vegetales, y de cuya disposicion y forma depende la figura de las plantas, se forman de tejidos agrupados de diferente manera. El crecimiento de estos órganos se realiza por medio de la multiplicacion y aumento de las células.

PRIMER CAPÍTULO.

La Célula.

§ 2. PARTES Y FORMA DE LA CÉLULA. En la célula bastante crecida y desenvuelta, y que vive todavía (Fig. 1. C), se distinguen las tres partes principales siguientes:

(1.º) Una *membrana* firme, elástica, formando una capa cerrada generalmente, en todas sus partes *(pared* ó *cútis* de las células. Fig. 1. C h) consiste de una sustancia especial, que se llama celulosa.

(2.º) Una segunda capa, tambien por lo general enteramente cerrada y de una sustancia blanda, que contiene siempre materias proteinosas, llamada *protoplasma* (Fig. 1. C p); dentro de éste se halla en todos los vegetales superiores, el *núcleo de la célula* (Fig. 1. C k).

(3.º) Un líquido acuoso, que llena el vacío dentro del cual se encierra el cuerpo protoplasmático, y se llama «*savia de la célula*» (Fig. 1 C).

Las mismas células, en las que se distinguen estas tres partes, tienen, sin embargo, otra vista y revelan un estado mas jóven, siempre que son muy pequeñas (Fig. 1. A); en tal estado llena el protoplasma toda la célula. La savia no se halla sino en tiempo del desenvolvimiento (Fig. 1. B.)—primeramente en forma de gotas pequeñas, que se llaman *vacuolas*. Estas crecen poco á poco, miéntras la célula aumenta su perímetro ó dimension, y se unen de manera que las cintas de protoplasma, que las separan, recorren en la capa parietal del mismo protoplasma.

Con esto, las células mencionadas—que nos sirven como base ó muestra de todas las que se hallan en muchas partes suculentas de las plantas, v. gr., cortezas de tallos y raices, frutas, etc.,—alcanzaron su definitivo estado, en que permanecen hasta que muere el órgano al cual pertenecen. Otras células,

v. gr., las de la madera y del corcho, llegan al mismo estado; sin embargo, se modifican mas todavía: pierden la savia y el protoplasma, y es por esto que al fin solo se halla aire ó agua dentro de la membrana.

No obstante, las células ántes mencionadas, que contienen protoplasma y savia, pueden servir aun para los procesos diasmóticos y químicos, y en ciertos casos pueden formar nuevas células, ó, en pocas palabras, tienen todavía funcion vital; las células de la madera donde no existe protoplasma, no tienen esta funcion, sirviendo al vegetal solo por la estructura firme y otras propiedades físicas de su membrana.

Por esto se puede considerar el cuerpo protoplasmático como un elemento esencial á la vida de la célula.

Hay, ademas, células que en la primera época de su formacion ó nacimiento no son mas que cuerpos protoplasmáticos aislados; y, sin membrana, estos mismos tienen una parte principal en la funcion mas importante de la vida del organismo, que es la multiplicacion. Estas células se llaman «*primordiales*» (Fig. 16. C). Mas tarde reciben una membrana, que se segrega del cuerpo protoplasmático. Es pues evidente, que la membrana y la savia, son productos de la actividad del protoplasma. Así se ha caracterizado la *esencia de la célula*, designándola como *un cuerpo protoplasmático vivo, comunmente rodeado de una membrana firme, y que por medio del agua que recibe, separa en sí savia.*

Es tan variable la formacion interna de las células, como diverso es el *tamaño* y su *forma externa.*

Hay algunas células muy pequeñas (quizas de 0,001 milímetro de diámetro), que aun con los mas fuertes aumentos microscopicales apénas sus contornos se pueden distinguir; otras tienen un tamaño de 0,1 á 0,5 milímetros: de suerte que, sin auxilio del

microscopio, es posible distinguirlas (como las células de la médula de la Dalia, Impátiens, Sauco sambucus, etc.); hay todavía otras, que crecen hasta un tamaño de algunos centímetros, v. gr., los pelos del algodon; por fin hay algunas pocas Algas (del género Caulerpa, etc.), donde se forma todo el individuo de una sola célula, y tiene aun mas grandes dimensiones.

La *forma* de las células que representan el individuo entero, es muchas veces bastante regular, redonda ú ovalada, de forma cilíndrica, ó de canuto; pero tambien puede organizarse de diferentes partes: entónces las diversas prolongaciones de una, y la misma célula, reciben muy diferentes formas.

Los vegetales superiores se componen en su vista exterior de diversas partes ú órganos, que tienen muy diferentes funciones en la vida; por esta razon dichos órganos se componen de distintas células; y hasta en el mismo órgano, se hallan, una al lado de la otra, células muy diferentes en forma y en contenido, porque aun dentro de un mismo órgano hay diferentes funciones necesarias para la vida.

Algunas de estas células son esféricas, otras polihédricas, con diámetros iguales, ó pocos distintos (Fig. 1. C), como son las células de la médula, las del interior en ciertas frutas suculentas, en los tubérculos carnosos, v. gr., de la papa (Solanum tuberosum); otras son alargadas, y, en este caso, muchas veces son muy angostas (Fig. 2. A y B células en la madera, las fibras (de lino, etc.) y muchos pelos, por ejemplo, del algodon). Ciertas células se unen para formar órganos especiales; las membranas de células limítrofes, dispuestas en largas hileras, desaparecen cuando los huecos de las células se unen. Así se forman los *vasos* (Fig. 2. C.) y las fusiones de células. (Véase § 13).

§ 3. La membrana se compone de celulosa, agua y materias anorgánicas. Se forma y crece separándose estas materias del protoplasma. El crecimien-

to se hace en direccion *á la planicie*, y tambien en direccion perpendicular á ésta (que es el *crecimiento del espesor);* de manera que se colocan entre las mas pequeñas partes de la membrana moléculas de materia nueva. Por medio del *crecimiento en direccion á la planicie*, el tamaño de toda la superficie de la membrana celulosa, y por consiguiente, tambien el perímetro de toda la célula, se aumentan; y á veces, de tal modo, que todo el volúmen de la célula crece hasta el céntuplo, y aun mas. Así, por ejemplo, las células que componen una hoja, en el boton están bien formadas, y aumentando todas ellas su volúmen, la hoja crece hasta su tamaño definitivo. En algunos casos donde el crecimiento en direccion á la planicie es igual en todas partes, se conserva la forma primordial de la célula; sucede muchas veces que la membrana crece mas en ciertas partes: y entónces una célula, que en su nacimiento fué redonda, puede temar mas tarde una forma de cubo, cilindro, canuto, o de fibra.

Lo mismo el *crecimiento del grosor* de la membrana celulosa, raras veces es igual en todas partes; generalmente crece mas en unas partes que en otras, y por esto se forman desigualdades en su haz. En células aisladas, ó que tienen paredes libres, las elevaciones que se hacen, sobresalen en la cara exterior en forma de verrugas, gibas, nudos, espinas, varillas, etc. (Fig. 3 y 15 H). Las células que se unen para formar los tejidos, tienen las desigualdades en la cara interior de las paredes; las elevaciones se muestran de cierta forma en el interior: así es que las espesuras sobresalen en forma de *anillo* (Fig. 4. r) y de *espiral* (Fig. 4. s), de las paredes de algunos vasos; en las paredes con membrana gruesa se hallan en forma de *red* como varillas unidas entre sí, de modo que quedan pedazos de membrana delgada de forma circular, ó alargada, ú ovalada. Tambien se encuentran aislados pequeños pedazos de las paredes, que, relativamente á los otros,

retardaron en el crecimiento de su espesor; y, vistos de la superficie, aparecen como manchas claras, ó puntos, y se llaman «*poros*», porque generalmente, y, segun la opinion de los demas botánicos, en las células viejas se gasta la membrana delgada, y se hace mas tarde una perforacion. En membranas bastante gruesas, vistas del perfil, aparecen estos poros como encañados (Fig. 5 y 2 B). A veces se distingue el poro, visto de la superficie, en forma de dos círculos concéntricos (Véase Fig. 2 C.); y esto, porque el espacio del poro es angosto en la cara interior de la pared, y en la esterior, ancho. Los poros que tienen esta forma, se llaman «*poros con corona*», y se hallan en las paredes de las células de la madera de las Coníferas (Fig. 21), en las paredes de muchos vasos (Fig. 2. C.), etc.

Las gradas de las espesuras en forma de *escalera*, en ciertas membranas de vasos, se hallan separadas por poros con corona muy enanchados y dispuestos convenientemente, de modo que uno está cerca del otro.

Algunas veces se puede ver en las membranas celulosas una *estructura* interna, mas fina que se efectúa por el cambio regular de partes, siendo unas mas acuosas que otras; en el perfil de los cortes transversales y longitudinales se miran *estratificaciones ó capas* (Véase Fig. 5); en la superficie, *estrias ó fajas.*

En general, las membranas delgadas, se forman, respecto á la sustancia orgánica, enteramente de celulosa; ésta se tiñe con yodo y ácido sulfúrico de color azulado. No obstante, sucede que ciertas partes de membranas mas gruesas, y que forman capas colocadas una al rededor de la otra, se componen de celulosa modificada.

Estas modificaciones pueden ser de tres clases diferentes.

1.ª La *membrana cuticularizada* ó *encorchonada*, es muy dilatable; el agua no la traspasa fácilmente;

se tiñe con yodo y ácido sulfúrico de color amarillo, como, por ejemplo, en las membranas de las células de la epidérmis de muchas plantas; en las células del corcho, en los granos del pólen de un mayor número de plantas, en las esporas de muchas cryptógamas.

2.ª La *membrana enmaderada* es dura y poco dilatable; el agua entra con facilidad en ella, y la penetra, y con esto casi no se hincha. Se tiñe igualmente, de color amarillo, con yodo y ácido sulfúrico (v. g., las células de la madera).

3.ª La *membrana mucilaginosa* es, cuando está seca, dura ó córnea; suele hincharse mucho cuando el agua la penetra; de esta manera se aumenta el volúmen y se pone gelatinosa ó mucilaginosa; se tiñe en general con yodo y ácido sulfúrico de color azul (como la semilla del lino y el mucílago de los membrillos).

Estas modificaciones de la membrana pueden verificarse, cada una aisladamente en una pared, ó várias reunidas en diferentes capas de ella.

Tambien se alojan *sustancias minerales* en la membrana celular durante el crecimiento de las células, á veces en gran cantidad, y especialmente sales de cal, de ácido silícico, y generalmente entre las mas pequeñas partículas de la sustancia celulosa de la membrana: por lo cual no es posible verlas, ni aun por medio de fuertes aumentos microscópicos, sino quemando todas las sustancias orgánicas de la membrana, quedando así el ácido silícico en forma de un esqueleto en la célula quemada, (v. g., en los tallos de casi todas las gramas, y principalmente de la epidérmis, en las células de las especies de Equisetum ó cola de caballo, y en las Diatomáceas ó Bacillariaceas).

Tambien se halla carbonato de cal en forma de cristales poco visibles (como en la epidérmis de las Urticáceas), y oxalato de cal en forma de cristales

bien desarrollados, como en la Welwitschia mirabilis, muchas Coníferas, etc. *(Véase § 9 fig. 12).*

§ 4. El *Protoplasma* es siempre nitrojenífero, y se compone casi siempre de sustancias proteinosas, agua, y, ademas, unas pocas sustancias de la ceniza. Como por medio del protoplasma se efectúan todas las funciones vitales y alimenticias de la célula, contiene naturalmente aquel, en su interior, en ciertos períodos ó temporadas, todas las otras sustancias químicas del cuerpo de la planta.

El protoplasma aparece, ú homogéneo y diáfano, ó lleno, mas ó ménos, de pequeños granitos de almidon, ó de gotas pequeñas de aceite craso, ó volátil; respecto á su consistencia, forma él una masa pegajosa ó viscosa; á veces dura; otras veces casi flúida, pero nunca llega á ser un verdadero líquido. En las células cuyo protoplasma contiene granos, muestra el protoplasma una *capa esterior*, que á veces forma como un cútis muy delgado y no contiene granos. En el interior del protoplasma, una parte del agua que le traspasa, se reúne en las *vacuolas,* que son espacios mas ó ménos redondos; cuando sucede que estas vacuolas se unen entre sí para reformar un solo hueco lleno de savia acuosa, entónces el protoplasma no forma mas que una bolsa añadida á las paredes de la célula. Esta bolsa se llama *utrículo primordial.*

El *núcleo* ó *citoblasta* de la célula, forma por su sustancia y su posicion la esencia principal del protoplasma: contiene como éste, y en mayor cantidad, sustancias proteinosas; el núcleo falta solamente en las células de ciertos grupos de vegetales inferiores (por lo general en los que se llaman vulgarmente Hongos y Algas; el núcleo contiene en su interior uno ó varios granitos, que se llaman «*nucléolos*» (Fig. 1 A k k), y se componen, como él y el protoplasma, de sustancias proteinosas, ó revelan la reaccion de granos de almidon (Véase § 8).

Entre los fenómenos mas notables se encuentran

los *movimientos* visibles del protoplasma.

En muchas células se efectúan estos, á veces en forma de corrientes que salen del núcleo á otras partes del protoplasma, que, como capa, cubre las paredes *(circulacion)*; en otras, la bolsa entera del protoplasma se halla en movimiento *rotatorio* al rededor de la célula, y ciertas otras primordiales, que no tienen membrana celular, nadan ligeramente en el agua, donde viven girando al rededor de su propio eje.

Los Plasmodios de las Myxomicetas revelan un movimiento semejante á las *Amoebas*: lo que quiere decir, que la masa protoplasmática, desnuda y con sus contornos lobulosos, de un momento á otro cambia su forma, saliendo de la masa nuevos lóbulos y empapándose otros: así es que allá adelanta y cambia de lugar poco á poco. Al mismo tiempo se encuentra en el interior una corriente muy viva, que lleva consigo los granitos comprendidos en la masa del protoplasma.

§ 5 Cristalóides. Algunas veces una parte de la sustancia protoplasmática recibe formas que son semejantes á verdaderos cristales: se forman cuerpos limitados por planicies, esquinas ó ángulos, y muy parecidos á determinados cristales, principalmente á los cúbicos, octáedros, tetráedros, rombóedros (Fig. 6). En efecto, son esencialmente diferentes de los verdaderos cristales, por la propiedad que tienen de hincharse en ciertas disoluciones y líquidos, y de aumentar mucho su volúmen. Estos cristales se hallan, v. gr., en algunas variedades de papas de Solanum tuberosum, en una cantidad de semillas que contienen mucho aceite craso, en ciertas Algas del mar, de color rojo, etc.

§ 6. Granos de Proteina. En otras semillas oleosas se halla el protoplasma distribuido en grupos, que forman granitos redondos de diferente tamaño: están dispersos en una masa fun-

damental, que consiste de sustancias proteinas y aceite grasoso. Se llaman estos, «granos de proteina, ó de aleuron», y casi siempre contienen, en su interior, cristalóides de los ántes mencionados, (Fig. 6 C), ó cuerpecitos redondos, llamados «*Globóides*», los cuales se forman de una union del ácido fosfórico con la cal ó magnesia. En ciertas plantas se hallan juntos los cristalóides y globóides, dentro de los granos de aleuron.

El aceite grasoso, contenido en la masa fundamental de estos granos, se recoje apretando muchas semillas como las de nabina, de colsa, mirasol, tártago, etc. En semillas que contienen mucho almidon, los espacios entre los granos de mayor tamaño, se hallan generalmente llenos de granitos de aleuron muy pequeños (Fig. 7).

§ 7 Los cuerpos con clorofilo. El color verde de los vegetales se deriva de granitos verdes *(granos de clorofilo)*, que se hallan en ciertas células (Fig. 8).

Estos se forman de una sustancia fundamental, transparente, sin color, y de una cantidad pequeña de *clorofilo* esparcido.

Si se saca este color por medio de una solucion (v. gr., con alcohol ó éter), entónces queda el grano transparente, sin cambiar de tamaño ni de forma. Los granos de clorofilo se hallan siempre dentro de la masa protoplasmática, y su sustancia fundamental no es mas que una parte del protoplasma, que ha tomado una forma determinada.

Empero, ésta no tiene siempre la forma de granos; en algunos vejetales de los mas inferiores, todo el protoplasma es teñido de color verde, á excepcion solamente de la capa superficial; en algunas Algas, plantas inferiores del agua, la parte teñida de color verde tiene la forma de estrellas (Fig. 53. A), de láminas ó planchas (Fig. 53 B, C), de cintas torcidas en espiral (Fig. 18); por esta razon se habla en general de *cuerpos de clorofilo*.

Bajo la influencia de la luz del sol se forman en el interior de los cuerpos de clorofilo, granos de almidon que á veces crecen hasta un tamaño extraordinario, de modo que la sustancia del grano de clorofilo aparece solamente como una capa ó funda que encierra á aquellos (v. gr., en las lentejas del agua, que son especies de Lemna) (Fig. 9).

En los órganos de las plantas que se hallan en un estado mas adelantado, los granos de clorofilo se dilúen, como sucede en las células de muchas hojas que están para caer al principio ó durante el tiempo en que se interrumpe su crecimiento: entónces quedan solamente granos pequeños de color amarillo.

El color verde, ó clorofilo, se halla en algunas familias de Algas, unido con otros colores; y el protoplasma, teñido, aparece entónces de color verde-azulado, verde-olivado, amarillo, ó rojo; en algunas otras plantas este color verde se modifica y se convierte en amarillo ó rojo; por esta causa se alterna, ademas, la forma del cuerpo de clorofilo, v. gr., cuando maduran ciertas frutas, que, al principio, han sido verdes, despues amarillas ó rojas, como las del tomate (Lycopersicum esculentum).

Son muy aliados á los cuerpos de clorofilo los que están teñidos de un color amarillo: y es en esto que se funda el colorido amarillo de muchas flores, como el de la flor de Santa María (Ximenesia encelioides y microptera) ó de Taraxacum officinale, etc.

En muchos casos el color verde de los órganos de las plantas se oculta á la vista, porque, ademas de los cuerpos de clorofilo, se hallan al fin del verano, en la savia, otros colores en solucion, v. gr., en las hojas de Amaranthus, de Ampelopsis hederacea, etc.

§ 8. Granos de Almidon. Son pequeños, generalmente, de forma redonda, ovalada, ó de len-

teja, y de consistencia dura; se componen de ámilo ó de almidon, agua y pequeñas cantidades de sustancias incombustibles; se hallan en ciertas células de casi todas las plantas; las papas (Solanum tuberosum), las semillas de los cereales y legumbres, los contienen en abundancia; de estas plantas se los extrae por medio de lavaduras, apareciendo á la simple vista como harina blanca, que se conoce vulgarmente bajo el nombre de almidon ó harina de almidon.

La materia del almidon ó el *amilo (amylum)* pertenece igualmente, como la celulosa, á los hidratos de carbon. No obstante, se puede probar que cada grano contiene en mezcla dos suntancias diferentes: una de éstas es *la granulosa,* que se extrae por medio de la saliva, ó de ácidos atenuados; miéntras que la otra, que se llama *celulosa del almidon,* queda como esqueleto del grano. La primera se tiñe solamente, con solucion de yodo, de color azulado.

Si se cocinan los granos con agua, ó se los trata con kali-cáustico (hidrato de potasio), otros álcalis ó ácidos, se hinchan mucho y se forma al fin el engrudo. La sustancia de almidon se halla siempre en capas al rededor de un núcleo, y esta estratificacion es, como en la de la membrana celular, la expresion de un cambio regular de planchas que contienen mas ó ménos agua; el núcleo es la parte mas acuosa de todo el grano. Los granos de almidon son desde su primera juventud cuerpos sólidos y compactos; miéntras crecen se hallan siempre dentro del protoplasma: pero no entran en la savia ántes que concluya su crecimiento, lo que se efectúa despues, mas tarde. El crecimiento de ellos no se produce por medio de superposicion de nuevas capas, sinó que entre las partículas mas pequeñas se introduce una nueva sustancia (intussuscepcion).

A mas de granos simples (Fig. 10 A.) hay tam-

bien granos compuestos, que se forman de modo que aparecen en un grano simple dos ó algunos núcleos con sistemas de capas propias (Fig. 10 D); cuando las capas exteriores comunes á todos los núcleos, son algo gruesas, se llaman estos granos semicompuestos (Fig. 10 B). Por medio de la presion se pueden deshacer los granos compuestos en granitos parciales.

Mucha semejanza con los granos compuestos tienen los granos falso-compuestos, los cuales se forman por medio de la presion de algunos granos aislados, y pegándose uno á otro, en montones, v. gr., los que se encuentran á veces en granos de clorofilo (Fig. 9).

Los granos de almidon se forman en la planta para ser empleados mas tarde durante el tiempo del crecimiento y cambio de la sustancia; y se hallan muchas veces acumulados en ciertos órganos (v. gr., semillas, raíces, tubérculos) y destinados para cierto tiempo: cuando éste llega, que es el tiempo de la germinacion ó de la formacion de nuevos brotes, aquellos se gastan enteramente. La forma de estos granos de almidon es característica para las diferentes plantas: los de la papa (de Solanum tuberosum) son ovalados, con núcleo excéntrico (Fig. 10); los de las legumbres, (Fig. 7), ovalados con núcleo concéntrico; los de la harina de trigo, cebada, etc., tienen forma de lenteja.

§ 9. Cristales se hállan muchas veces en las células de las plantas. Solamente muy pocos se componen de carbonato de cal, como los pequeños granitos cristalinos en el protoplasma de las Myxomicetas, y las masas indistintamente cristalinas de las paredes celulares de muchas Urticáceas.

Todos los otros cristales que se conocen hasta hoy, se componen de oxalato de cal, que cristaliza en distintos sistemas segun la cantidad de agua que contiene: á uno, el sistema cuadrático, pertenece el octáedro (Fig. 11 K); al otro, que se llama clinorómbico, per-

tenecen los cristales en forma de aguja ó de pica, y se llaman *ráfides* (rhaphides), hallándose principalmente en vegetales pertenecientes á la clase de Monocotyledóneas, unidos en grandes hacecillos, v. gr., en las hojas de la pita (Agave americana), pero aislados uno del otro. Fuera de cristales aislados (y entónces siempre bien desenvueltos) hay en muchos vegetales (v. gr., en las pencas, que son especies de Cácteas del género Opuntia, etc.; en las células en el pecíolo de las hojas de ciertas especies de Begonia, etc.) drusos, que son grupos de cristales unidos por un lado, y así solo en parte bien desenvueltos (Fig. 11 dr.).

Estos cristales de oxalato de cal se hallan en el protoplasma, del cual mas tarde entran en la savia; (Fig 11); ó tambien en la membrana, principalmente en muchas Coníferas, v. gr., en las células fibrosas del líber de Cephalotaxus Fortunei (Fig. 12), como ademas en la cara exterior y libre, de las paredes de las células de ciertos Líquenes.

§ 10. LA SAVIA penetra y se halla en la membrana celular, en el protoplasma, en vacuolos ó en un espacio grande en el medio de las células. La savia es un líquido acuoso, que contiene en solucion diferentes sustancias. Sales nunca faltan en este líquido. Ciertas células de algunos vegetales (v. gr., la caña de azúcar; el árbol que se llama arce ó azre, especies de Acer; las raíces de la betarraga ó la remolacha, Beta vulgaris, etc.) contienen mucha azúcar, que se gana en los ingenios y fábricas. En las células de muchas frutas, v. gr., de las uvas, contiene la savia otra clase de azúcar (que se llama azúcar de uvas). Ademas, se hallan en la savia, tanina (v. gr., en las cáscaras de los troncos de los robles europeos, especies de Quercus, ó del árbol Cebil, Acacia Cebil, indígena en las provincias del Norte de la República Argentina, etc.); en algunas plantas se encuentra en solucion, inulina, sustancia

que sustituye al almidon (v. gr., en los tubérculos de Dalia); ademas, ácidos (v. gr., el ácido de las manzanas y otras frutas, y el ácido cítrico en los limones); fuera de éstas se hallan en solucion sustancias de colores en el mayor número de flores de color rosa y azulado; tambien en muchas frutas (v. gr., en las guindas, y las frutas del Sauco, Sambucus); y muchas otras sustancias.

§ 11. El nacimiento ó formacion de las células se efectúa siempre de modo que en una célula ya existente, y que es la *célula madre*, todo el protoplasma, ó solamente una parte de él, recibe forma nueva. Distinguimos dos diferentes clases de formacion de células:

I. En órganos vegetativos y en crecimiento, se hace una *division*, á mas de que todo el cuerpo protoplasmático, sin redondearse ni contraerse, se divide en dos, y á mas tambien de que en este acto, en lugar del núcleo viejo de la célula, se forman, uno cerca del otro, dos nuevos, y así únicamente una sola nueva pared en la planicie que separa los dos nuevos cuerpos protoplasmáticos (Fig. 13). Esta membrana se forma generalmente, al mismo tiempo, en todos los puntos de la planicie que separa á aquellos; solamente en ciertos vegetales inferiores, que se llaman vulgarmente Algas (v. gr., Spirogyra) crece de afuera para el centro y en forma de anillo.

II. En la formacion de las células que sirven á la multiplicacion (veáse § 50) los cuerpos protoplasmáticos se redondean siempre ántes ó miéntras aparece la nueva pared, y ésta se forma, tambien siempre, aunque tarde á veces, en toda la superficie de la célula hija.

1. *Particion en muchas células.* Todo el cuerpo protoplasmático de la célula madre se divide en un gran número de pequeños cuerpos protoplasmáticos, v. gr., en la formacion de esporas ó gonidios móviles (zoosporas) de algunas Algas y Hongos (Fig. 14):

en estas plantas, las células primordiales, formadas de modo que el protoplasma se divide en muchas partes, salen de la membrana de la célula madre para rodearse mas tarde de una membrana celular.

2. *Particion en cuatro células.* Todo el cuerpo protoplasmático de la célula madre se amontona ó se contrae al rededor de cuatro nuevos núcleos; este proceso se halla principalmente en la formacion del pólen de las Fanerógamas (Fig. 15) y en la formacion de las esporas de los Musgos y Criptógamas vasculares.

3. *Remozamiento.* Todo el cuerpo protoplasmático se contrae y forma una célula hija, la que mas tarde recibe nueva membrana. De esta manera se forma la única zoospora de algunas Algas, v. gr., de Vaucheria, Stigeoclonium Oedogonium (Fig. 16), como, ademas, la célula embrional de las Criptógamas.

4. *Formacion de las células libres.* Ciertas partes del cuerpo protoplasmático de la célula madre forman nuevas células y se rodean de una membrana, miéntras que el resto queda aun como protoplasma de la célula madre, que vive algun tiempo todavía, v. gr., en la formacion de las esporas dentro de los ascos de ciertos Hongos (Fig. 17) y Líquenes; en la del endospermo y de la célula embrional de las Fanerógamas.

5. *Conyuncion y copulacion.* Los cuerpos protoplasmáticos de dos ó de algunas células, se juntan para formar una sola, la cual se rodea de una membrana y se llama *zygospora.* Este proceso se halla en su forma típica en algunos grupos de Algas, v. gr., Spirogyra (Fig. 18 y 19) y Hongos.

Así, en la formacion de células, el número de éstas no siempre se aumenta (como sucede en la formacion por particion en muchas células, en la formacion por particion en cuatro células y en la de células libres), sino que á veces queda el mismo (tal

es el caso del remozamiento), bien que tambien se disminuye (en la conyuncion ó copulacion).

CAPÍTULO SEGUNDO.

Los tejidos.

§ 12. Llamamos TEJIDOS á cada union de células que tienen un crecimiento comun. Segun la disposicion de las células unidas entre sí, distinguimos:

Series de células, cuando estas células se tocan solamente por dos paredes contrárias y forman así un hilo ó una serie (muchas Algas, v. gr., Spirogyra, Fig. 18; Oedogonium, Fig. 16; algunos pelos, Fig. 27 a, d);

Planicies de células, si las células forman una sola capa y se tocan en dos direcciones del espacio (algunas Algas, y las hojas de muchos Musgos);

Cuerpos de células, y es cuando las células están arregladas y dispuestas en todas las direcciones del espacio.

Los tejidos se componen generalmente de células que se forman por medio de la particion de una célula madre en dos células hijas, y que quedan en conexion segun el modo en que se forman Fig. 13). En algunos casos extraordinarios se forman tambien tejidos, ya sea por la circunstancia de que, ó células ántes aisladas se unen mas tarde con sus paredes, ó se componen de series de células que están entrelazadas, una con otra, sin juntarse ni tocarse con sus paredes, revelando aun un crecimiento comun (Fig. 17 sh).

§ 13. LA PARED COMUN DE LAS CÉLULAS UNI-

DAS Á TEJIDOS es al principio generalmente delgada y blanda, y aparece, aun con los mas fuertes aumentos, como lámina simple (Fig. 13). No obstante, cuando crece en direccion del grosor, se revela entónces una lámina intermedia, que separa dos partes, de las cuales cada una pertenece á una de las células vecinas. (Fig. 20 m).

Esta *lámina intermedia* no es nada mas que una parte especial de la pared comun de las dos células. Tiene otras propiedades diferentes de las del resto de la pared, y se dilúe en ácido nítrico y cloruro de potasio de manera que por medio de esta solucion es posible separar las células una de la otra.

Si la pared comun de células homogéneas tiene formaciones de poros, entónces se encuentran estos de los dos lados y se tapan el uno al otro; si al contrario, ciertos elementos celulares de un tejido son formados de un modo particular, v. gr., los vasos,— entónces se limita el engrosamiento irregular de la membrana al uno de los lados de la pared comun. Ademas, para el engrosamiento en forma de espiral, se comprende esto fácilmente.

En algunos casos se disuelven y desaparecen ciertas membranas en parte ó enteramente, v. gr., la parte delgada entre los poros con corona, en la madera de las Coníferas (segun la opinion del mayor número de los botánicos) (Fig. 21).

Las paredes transversales de las células, que se unen para formar vasos, ó se disuelven enteramente si están ellas puestas en ángulo recto á lo largo del vaso (Fig. 2. Ca, b), ó son perforadas de distintas maneras si están puestas oblícuamente. De un modo semejante las paredes transversales (mas raro ciertas partes de las paredes longitudinales) de los canutos cedazosos (ó con cedazos) (véase § 17) son perforadas y se llaman *planchas cedazosas*. Huecos de esta clase, que se han formado por medio de la disolucion de algunas paredes de las células unidas, y por me-

dio de la comunicacion de los huecos («lumina») de éstas, y son limitados por las paredes de las mismas, se llaman generalmente *fusiones de células.* Las demas tienen forma de canuto ó cilindro, y se forman por medio de la solucion de paredes transversales de largas series de células. No muy raras veces están ramificadas y unidas por medio de anastomósis. Los vasos verdaderos y los vasos que contienen leche, representan fusiones de esta clase.

§ 14. ESPACIOS INTERCELULARES, Ó INTERSTICIOS CELULARES, son vacíos dentro del tejido, y estos vacíos se forman por medio de una abertura parcial de la pared comun. Ellos se hallan exclusivamente entre las células parenquimáticas de tejidos suculentos, con membranas delgadas, y principalmente en los cantos (esquinas) donde se tocan algunas células (Fig. 22): entónces contienen aire. Á veces crecen ciertos espacios intercelulares, y que contienen aire (y se llaman entónces *lagunas* (lacunae), hasta un tamaño extraordinario: de manera que se separan capas y series enteras de células, del otro tejido, y una capa ó serie, de la otra, v. gr., en el pecíolo (pezoncillo) de las especies de Nymphaea y de otras plantas acuáticas. *

Espacios intercelulares de forma particular, son, ademas, los conductos de resina y goma que se hallan en ciertas plantas (véase § 19).

§ 15 FORMAS Y SISTEMAS DE TEJIDOS. Regularmente se hallan unidas en el cuerpo de una planta muchas células homogéneas, las cuales se distinguen de otras que las rodean, y representan entónces una cierta forma de tejido. Segun las formas de las células y la manera en que ellas están unidas, se distinguen dos diferentes formas de tejido: en el *pa-*

* En muchas otras plantas se forman de otra manera conductos de aire, secándose en consecuencia y rajándose una parte del tejido, v. gr., en los tallos de las especies de Equisetum (Cola de caballo), Gramas, Umbelíferas, y otras mas.

renquima (parenchyma) (Fig. 1, 7, 11, 22), las células no son mucho mas largas que anchas; están puestas una al lado de la otra por planicies transversales anchas de paredes generalmente delgadas, y rodeadas por espacios intercelulares: al contrario, en el *prosenquima* (prosenchyma) (Fig. 23; y el corte transversal, Fig. 20), las células son mucho mas largas que anchas, están intercaladas por sus puntas, tienen paredes generalmente gruesas y no están rodeadas por intersticios celulares.

Si se toman en consideracion las condiciones de la pared, se nota principalmente el *esclerenquima* (sclerenchyma), cuyas células tienen paredes muy gruesas y duras, y á veces de color oscuro.

El tejido cuyas células han acabado de dividirse y tomado su forma definitiva, se llama *tejido estable;* al contrario, un tejido cuyas células se hallan en particiones, volviendo muchas veces ciertas células hijas á partirse, miéntras que otras se transforman en tejido estable,—se llama *tejido de particion, ó meristema.*

Las distinciones acá mencionadas son solamente las principales; se usan para la descripcion de los tejidos, todavía, otros términos técnicos mas.

Cuando en una planta se hallan muchas diferentes formas de tejidos, como en las plantas superiores vasculares, entónces ellos se unen para formar *sistemas* de tejidos, que componen así todo el cuerpo de la planta. Regularmente encontramos tres sistemas de tejidos: el *sistema epidermático* (Fig. 24 e), que separa el cuerpo del exterior; el *sistema fibrovascular* (Fig. 24 f.), que traspasa el interior del cuerpo en forma de madeja, conteniendo principalmente células fibrosas (fibras, hebras) prosenquimáticas, y vasos; y *el sistema fundamental* (g) que llena el espacio restante.

Estos tres sistemas de tejidos se hallan en las partes perfectas (desenvueltas); no obstante, órganos muy

tiernos de edad, v. gr., las hojas mas nuevas, como igualmente las partes tambien nuevas de los tallos y raíces, no revelan todavía de un modo bien visible estas diferencias; solo aparece una especie de tejido meristemático, mas ó ménos homogéneo—*meristema primogénito,*—de que se forman los tres sistemas mencionados.

§ 16 El tejido epidermático. En las plantas inferiores el tejido epidermático no se halla todavía bien separado del tejido fundamental, y se forma, puede decirse, solamente de las capas superficiales del último. En las plantas superiores la forma mas comun del sistema epidermático es la *cútis* ó *epidérmis* (Fig. 24 e.); ésta rodea la mayor parte de las partes anuales de plantas y se compone generalmente de una sola capa cuyas células se unen una á la otra sin intersticios (con excepcion de los estomas, véase mas abajo); de ciertas partes de plantas (v. gr., de las escamas de cebollas, de las hojas de Begonia, Agave ó pita) puede sacarse fácilmente la cútis á modo de película delgada. En algunos casos, v. gr., en las hojas de la higuera de las Ficus Cárica, y otras especies, del mismo género, y en algunas del género Peperomia, que pertenece á las Piperáceas, y de la Santalácea Jodina rhombifolia (quebracho flojo ó sombra del toro, árbol indígeno en la República Argentina, Uruguay, etc.), la epidérmis, que se compuso primeramente solo de una capa, se parte en dos ó mas, de las cuales, sin embargo, regularmente solo la mas superficial tiene el carácter epidermático especial.—A veces las células de la epidérmis son poco distintas de las capas que quedan mas abajo, v. gr., en las raíces y hojas de algunas plantas acuáticas; no obstante, las de los tallos y hojas que crecen en el aire, revelan una diferencia esencial de los tejidos que quedan abajo, y entónces se encuentran ellas acompañadas de ciertos órganos, que son los estomas y pelos. Muy raras veces contienen las células epider-

máticas clorofilo; pero sí, en muchos casos, colores disueltos en la savia. La forma de las células epidermáticas es alargada en las partes de las plantas que crecen mucho á lo largo; en las hojas anchas tienen forma de plancha. Muchas veces las paredes de los lados son encorvadas á modo de ondas, de manera que las células vecinas se encajan en ellas. La pared exterior es regularmente mas gruesa que las otras paredes (excepto la epidérmis de las flores del aire, que son especies del género Tillandsia de la familia de Bromeliáceas é indígenas en toda la América Meridional, y la de otras plantas mas) y lleva siempre, al lado de afuera, una capa cuticularizada ó encorchonada, que se llama *cutícula*. Esta se distingue bien, regularmente, de las capas interiores (que pueden ser tambien en diferente grado cuticularizadas, esto es, que se componen de celulosa mas ó ménos modificada. Véase § 3.) (Fig. 25) y cubre sin interrupcion toda la epidérmis. A veces ella tiene engrosamientos que sobresalen por fuera. En la cutícula de muchas partes de plantas supraterráneas se hallan alojadas partículas de *cera* que resguardan la superficie de ellas, del riego de agua. Muchas veces esta cera se presenta en la superficie externa en forma de granitos, bastoncitos ó costras, y forma entónces, ya una especie de rocío farináceo azulado, y que se puede sacar fácilmente (v. gr., de las ciruelas, etc.), ó ya capas mas gruesas, v. gr., en las frutas de Myrica cerifera y los troncos de algunas palmas (Ceroxylon andicola y Klopstockia cerifera).

Los estomas (llamados «poros» por algunos autores) son órganos que interrumpen parcialmente la conexion de las células epidermáticas, y proporcionan la comunicacion del aire, que se encuentra en los espacios intercelulares y vasos aeríferos, con la atmóféra. Cada estoma se compone de dos células epidermáticas, de forma especial—*las células*

de la puerta,—que tienen visiblemente en la superficie, por lo general, una forma de media luna (Fig. 26 sz), y rodean la grieta ó boca del estoma (sp). Esta conduce al hueco ó *laguna respiratoria* (25 i)—espacio intercelular, generalmente de mayor tamaño, entre la epidérmis y el tejido que queda abajo, y con que los otros intersticios del tejido están en comunicacion. El estoma se forma cuando una célula nueva de la epidérmis se parte en dos, que son las células de la puerta, y que, al principio, están separadas por solo una simple pared, la cual se abre mas tarde, separándose en dos láminas. Por medio de influencias exteriores, la boca, ó ya se cierra mas, ó ya se abre, lo que se efectúa cambiando las células de la puerta su forma. Los estomas se hallan en casi todas las partes supraterráneas de las plantas, especialmente, y en abundancia, en las hojas (hasta 600 en un milímetro cuadrado); pero faltan regularmente en las plantas sumerjidas en el agua, y siempre en las raíces.

Los *pelos* son productos de la epidérmis, y nacen por lo regular mediante el crecimiento de una célula epidermática (Fig. 27 c. f.), que puede quedar sin ser separada por una pared (v. gr., los pelos que forman la capa aterciopelada de las raíces nuevas, y los pelos de la cáscara (testa) de las semillas de Gossypium, que constituyen el algodon); ó se parten á veces y producen una serie de células (Fig. 27 a, d). No obstante, la célula epidermática crecida y desenvuelta, se puede partir tambien del traves, y á lo largo, ó en diferentes direcciones, y formar así una planicie de células (v. gr., las escamas ne las hojas de los helechos), ó un cuerpo de células (v. gr., los pelos gruesos en los frutos de ciertos cardos y plantas semejantes). Un pelo que tiene solamente en su punta un cuerpo celular, ó cuyas células superiores se hinchan mas que las basales, se llama pelo glanduloso, ó glandulífero (Fig. 27 b).

En algunos casos desaparece temprano el contenido de las células de los pelos, v. gr., en el algodon, y se introduce aire en su lugar.

La membrana á veces se pone gruesa, y se alojan dentro de ella, no con poca frecuencia, cantidades considerables de cal y ácido silícico. Los *pelos quemantes* de las ortigas y otras plantas, producen una sustancia ágria, que, disuelta en la savia, entra en la mano que los toca, quebrándose estos fácilmente en la punta.

En algunas partes de las plantas que se distinguen por un aumento considerable del circuito (v. gr., en las papas, en muchas raíces de la forma de nabos ó tubérculos, v. gr., las de las Georginas ó Dalias; en troncos y ramos de los árboles y arbustos), se forma, de diferentes sistemas de tejidos, un tejido que substituye á la epidérmis y funciona á manera de una cútis nueva secundaria, y tal es el corcho.

Este corcho se compone de células de forma de planchas, dispuestas en ángulo recto en la superficie de la parte corchuda de la planta y arregladas en series: son éstas, células que tienen membranas casi impermeables por el agua (encorchonadas ó cuticularizadas) y cuyo contenido está reemplazado por aire (Fig. 28 k). Las células del corcho se forman por medio de particiones tangentales de células á veces pertenecientes á la epidérmis, pero regularmente á capas que quedan mas abajo, trasformándose éstas en un meristema, que produce células de corcho y que se llama con el nombre especial de *Felogena* (Phellogena). Si se forma de este modo una capa de corcho que continuamente se aumenta del lado de adentro, entónces se llama ella *periderma* (v. gr., la cáscara de las papas y la de muchos ramos nuevos, y el corcho del tronco del alcornoque, (Quercus suber).

A veces produce el felogena, para el lado de

adentro, células que contienen granos de clorofilo. En la mayor parte de los árboles se forman todavía mas interiormente (sea dentro del tejido fundamental, ó en el sistema fibrovascular), otras láminas ó anillos de corcho al rededor del tronco. Entónces todas las células que quedan del lado de fuera de dichos anillos, y que pueden pertenecer á diferentes sistemas de tejidos, se secan y mueren. Estas masas, llamadas vulgarmente cáscara ó corteza de los árboles, y científicamente, *ritidoma* (rhytidoma), rodean las partes internas vivas de la corteza.

El ritidoma se presenta en forma de escamas (v. gr., en el tronco de muchos pinos), ó de láminas (v. gr., en el plátano, Platanus; en el Chañar, Gourliea decorticans), y muchas veces está traspasado por hendiduras longitudinales (v. gr., en los robles europeos, Quercus Robur, etc.; en el olmo, especies de Ulmus; en los álamos, especies de Populus; quebrachos, Jodina rhombifolia; Aspidosperma, quebracho blanco; Algarrobos, especies de Prosopis, y otros). Es una consecuencia del crecimiento del grosor de los troncos, el que se produzcan estas hendiduras; su forma y arreglo convienen á la disposicion de los elementos fibrosos de la cáscara interna (corteza secundaria ó pequeña, floema, véase § 17).

§ 17. El sistema fibro-vascular traspasa el tejido de las plantas superiores en forma de hilos ó madejas, que se llaman *hacecillos (fasciculi) fibro-vasculares*. Si las paredes de las células—y esto se encuentra regularmente—se enmaderan y ponen mas duras que las del tejido fundamental, se dejan aislar fácilmente de éste. Si se rompe el pezoncillo, v. gr., el de la hoja de Plantago mayor, ó de otra especie aliada, ó si se quiebra forzosamente una hoja de Agave americana, los hacecillos se sacan en gran parte del tejido fundamental, quedando sus elementos en conexo y sobresaliendo por las canteras que resultan de la particion de la hoja. Tambien por

medio de la putrefaccion del tejido fundamental se pueden aislar. Ellos forman, v. gr., la red de los nervios y venas de las hojas, que se conserva todavía en forma de esqueleto si se pudren dichas hojas. No obstante, en muchos vegetales acuáticos el tejido de los hacecillos fibro-vasculares es mas blando que el de sus alrededores.

En muchos casos los hacecillos fibro-vasculares quedan uno tan cerca del otro y aumentan tanto de volúmen por medio de una nueva formacion de sus tejidos, que constituyen masas considerables, en las que hay muy poco de tejido fundamental. Una masa fibro-vascular de esta clase es la leña ó madera de los árboles, la que contiene, ademas, el líber (segunda ó pequeña cáscara).

Órganos que se desenvuelven especialmente en direccion longitudinal; por ejemplo, tallos, pezones de las hojas, pedúnculos de flores, y raíces delgadas, -se hallan traspasados por hacecillos fibro-vasculares en direccion longitudinal; el corte transversal de un tallo ó del pezoncillo de una hoja (Fig. 24) revela por esto, tambien, los cortes transversales de los hacecillos fibro-vasculares que los traspasan. El arreglo de ellos en un corte transversal de esta clase, es diferente: ó hay un solo hacecillo que pasa por el medio (eje) del órgano (Fig. 32 A x); ó hay una gran cantidad de hacecillos, aparentemente dispersos sin regla, por todo el tejido fundamental, ó dispuestos en forma de un círculo (Fig. 24). Este círculo separa el tejido fundamental en dos partes, de las cuales la una, rodeada por el círculo, se llama *médula;* la otra que queda entre los hacecillos fibro-vasculares y la epidérmis, *corteza.*

Las partes del tejido fundamental, que están entre los hacillos y en el círculo mismo de ellos, se llaman *comunicaciones medulares* (rayos medulares primarios).

Este último arreglo de los hacecillos se halla so-

lamente en las Dicotyledóneas (á que pertenecen el mayor número de los árboles) y en las Coníferas.

El hacecillo desenvuelto vigorosamente se compone de dos grupos de tejido estable, el *xilema* (xylema) ó *cuerpo leñoso*, y el *floëma* (phloëma) ó *cuerpo del líber*. En el xilema, regularmente, excepto si un modo de vivir especial provoca otras condiciones, se enmaderan todas las paredes de las células, y éstas se llenan, en gran parte, de aire. Por esto el xilema es especialmente la parte firme, pero al mismo tiempo la parte mas frágil del hacecillo. En el floema se encuentra con especialidad la propension de formarse células con paredes blandas, flexibles y poco leñosas, y ademas, ellas guardan su savia.

Los hacecillos que se componen solamente de estos dos grupos, y que por esto no pueden crecer mas, se llaman hacecillos *cerrados;* al contrario, otros contienen ademas una capa de tejido meristemático—*el cambium*, que traspasa todo el hacecillo á lo largo y aumenta por su actividad las masas del xilema y del floema, que quedan en diferentes lados del cambium. Estos hacecillos que contienen cambium, se llaman *abiertos*.

El cuerpo leñoso de un hacecillo fibro-vascular se forma, ántes de hallarse alternado por la actividad del cambium, de las tres siguientes formaciones de células:

1.ª *vasos verdaderos* ó *canutos leñosos*, que, segun el modo del engrosamiento de sus paredes, son espirales ó tráqueas (tracheae) (vasos con membrana en forma espiral), ó anillados (anulares: con membrana gruesa en forma de anillos), ó reticulados (reticulares: con membrana gruesa en forma de red), ó escalariformes (rayados: con membrana gruesa en forma de escalera ó de rayos), ó punteados (porosos: con poros) (véase Fig. 4, 2 C, § 3 y 13);

2.ª células alargadas, angostas, prosenquimáticas

—*células leñosas, hebras ó fibras de la madera.* (Véase Fig. 2 B).

A éstas acompañan muchas veces, ademas:

3.ᵃ elementos parenquimáticos en mayor ó menor cantidad—*parénquima de la madera.*

Igualmente se compone el cuerpo del líber: 1.° de elementos semejantes á los verdaderos vasos, *los canutos cedazosos,* que tienen paredes transversales gruesas, perforadas por verdaderos poros abiertos, y paredes longitudinales muy delgadas y que están llenas de una savia mucilaginosa.

2.ᵃ de formas prosenquimáticas, *las fibras ó hebras* (Fig. 2 A), que son muy alargadas, y que tienen membrana gruesa, pero son flexibles.

3.ᵃ de células parenquimáticas con membrana delgada—*parénquima del floema.*

Los elementos con membrana delgada, del líber, se llaman *líber blando,* en contraposicion á las fibras con membrana gruesa.

Segun el lugar en que se corta un hacecillo fibrovascular, y segun la naturaleza de la planta, las células mencionadas pueden hallarse en mayor ó menor cantidad.

El arreglo de las diferentes formas de células en el cuerpo leñoso y en el líber, como igualmente la disposicion de estas dos partes, revelan muchas diferencias.

En los troncos de los helechos y plantas aliadas, se halla el cuerpo leñoso, en el centro del hacecillo cerrado, rodeado por el cuerpo mas blando del líber.

En el corte de un hacecillo fibrovascular cerrado, de los tallos de las Monocotyledóneas (v. gr., Gramas) (Fig. 29), el cuerpo leñoso se encuentra mas acercado al centro del tallo que el líber (v); por ejemplo, en un hacecillo del maíz encontramos dos vasos grandes con poros (g); entre estos vasos quedan algunos mas pequeños igualmente con poros. Mas al lado del interior siguen vasos con espirales

ó anillos (s, r.) rodeados por células leñosas y que tienen membranas comparativamente delgadas. En el líber (v) no se hallan mas que elementos blandos y faltan por completo las fibras. Todo el hacecillo está rodeado por una vaina de células con paredes gruesas, células que pertenecen al tejido fundamental.

En el corte transversal de un hacecillo abierto del tallo de una planta dicotyledónea, v. gr., de Ricinus (Fig. 30), encontramos primeramente una particion por el cambium que le traspasa (c); á mas de esto se halla el cuerpo del líber, constituido por elementos blandos (y) y las aglomeraciones de fibras (b). Adentro del anillo de Cambium, esto es, mas cerca del eje del tallo, se halla el cuerpo leñoso, que se compone de vasos punteados mayores (g) y menores (t) y células leñosas que los separan; mas cerca de la médula hay vasos reticulados y entónces hay tambien vasos con espiral.

Tal es el aspecto del hacecillo abierto ántes de principiar el cambium su actividad productiva del *crecimiento en el grosor* de aquel y de todo el tallo.

Los hacecillos abiertos, casi siempre se hallan dispuestos en el corte transversal del tallo formando un círculo; y en muchos casos se forma tambien del tejido fundamental vecino—comunicaciones medulares, por particiones tangenciales (Fig. 30 cb), un cambium que se junta con el de los hacecillos fibro-vasculares.

De este modo se forma un anillo cerrado de cambium, que separa enteramente la médula de la corteza. Las células de este anillo de cambium se parten continuamente en direccion tangencial y á veces radial, de manera que el número de células se aumenta en direccion de afuera para adentro, como igualmente en direccion del circuito, que tambien aumenta así su tamaño. De las células proceden-

tes de las particiones del cambium, las del lado interior se desenvuelven para formar elementos del líber, miéntras que la zona mediana queda permanentemente en estado de particion. Se forma consiguientemente, por la actividad del anillo del cambium en el interior, un cuerpo leñoso *secundario* (xilema secundario); al exterior, el líber *secundario*, en contraposicion á los elementos *primarios* que se formaron ántes sin la actividad del cambium. Los cuerpos primarios leñosos de los hacecillos, al principio aislados, se hallan de este modo lo mas adentro posible y sobresaltan regularmente en la médula; forman ellos la *corona* ó *vaina medular* (Fig. 31 ms). Los elementos del cuerpo leñoso secuudario son algo diferentes de los del primario. En las Coníferas no se forman vasos de cambium, sino solamente células leñosas, que tienen alguna semejanza con los vasos, por estar entre sí en comunicacion por medio de grandes poros abiertos con corona (véase Fig. 21) y células parenquimáticas. En los árboles, arbustos y matas leñosas dicotyledóneas, no se encuentran en la madera secundaria vasos anillados, espirales y reticulados, sino únicamente vasos punteados, con poros coronados (véase Fig. 2 C). El cuerpo leñoso nuevo deja distinguir capas concéntricas, que se llaman *anillos ó círculos anuales* (Fig. 31, 1, 2, 3, 4). Cada anillo ó círculo anual se compone de una zona interior comparativamente floja, que nace en la primavera—la madera de la primavera, y de una zona exterior, mas firme, que nace en el segundo período del verano—la madera del otoño. La flojedad de la de la primavera deriva de que las células leñosas son mas anchas y tienen membranas delgadas, y á mas, de que hay un mayor número de vasos, miéntras que estos no abundan tanto en la madera del otoño, y las células prosenquimáticas de éste tienen paredes mas gruesas y huecos mas pequeños. Como el cambium está permanentemente,

durante el verano, en actividad, y las condiciones que producen las diferencias de las partes de la madera se alternan poco á poco desde la primavera hasta el otoño, la madera de la primavera forma una transicion sucesiva á la madera del otoño del mismo año, miéntras que la última está bien separada de la madera del siguiente verano. En su lado exterior se halla el cuerpo leñoso rodeado del cambium (Fig. 31 c), que se compone de células con paredes delgadas y llenas de protoplasma. Mas afuera se queda el cuerpo del líber, que se aumenta continuamente por el cambium y que se llama tambien *corteza secundaria* (Fig. 31 ph), en que se hallan dispuestos de diferente modo líber blando y fibras.

En plantas que forman fibras ó hebras en gran abundancia, éstas pueden estar dispuestas en capas, de modo que es posible sacarlas en pedazos grandes, v. gr., las del tilo (Tilia europaea, árbol de la Europa oriental).

Los círculos anuales no aparecen en el cuerpo del líber tan visiblemente, y á veces no se vé ninguna diferencia adentro de él.

Son una especialidad de los cuerpos de madera y líber, nacidos del cambium, *los rayos parenquimáticos ó rayos medulares secundarios.* Se presentan, en el corte transversal, como estrias radiales; en el corte longitudinal radial, regularmente como láminas angostas que corren del centro para afuera. El cambium los produce á los dos lados: así es que un rayo traspasa sin interrupcion la madera y el líber. Cuanto mas, por el crecimiento del espesor, crece el circuito del cuerpo leñoso y del líber, en mayor número de rayos medulares se parten estos. En troncos mas nuevos se halla el cuerpo del líber, en su lado exterior, rodeado por un resto del tejido fundamental—*la corteza primaria* (Fig. 31 pr), que poco á poco desaparece, por causa de la formacion

del corcho; porque tambien de las partes mas viejas del cuerpo del líber se forma corcho, ó sea, ritidoma.

Los hacecillos fibrovasculares de las *raíces* tienen algunas diferencias esenciales, en la disposicion de sus partes, de los hacecillos de los tallos, de que hemos hablado recien. Las raíces nuevas y delgadas (Fig. 32 A) tienen un cuerpo fibrovascular central, que en su eje (centro) puede contener médula (m) ó puede carecer de ella. En el cuerpo fibrovascular quedan, en disposicion regular, una cierta cantidad (en Fig. 32 A, son cuatro) de hacecillos de xilema primario (g); y en direccion radial, entre estos, igual cantidad de hacecillos de floema (b). La parte mas externa del cuerpo fibrovascular se llama *pericambium*, y queda éste por mucho tiempo en estado meristemático. En las raíces que crecen en el espesor, se forma el cambium entre los hacecillos de xilema y concurre dentro de los hacecillos del floema para formar un anillo de cambium, que, entónces, tiene la misma actividad que el de un tallo, esto es: forma del lado de adentro, xilema secundario; del lado de afuera, floema secundario (Fig. 32 B). Un crecimiento del grosor, muy productivo, tienen las raíces de los árboles, en cuya superficie, de la misma manera que en los troncos, se forma corcho y ritidoma.

Algunas plantas que se cultivan, tienen raíces gruesas y suculentas (v. gr., los nabos tuberculos de Dalia), en que el xilema no se pone leñoso, semejante á ciertos tallos tuberculiformes, v. gr. las papas de Solanum tuberosum: la masa suculenta y blanda de ellas se forma principalmente de elementos no leñosos del xilema.

§ 18. El sistema fundamental contiene todas las masas de tejidos que sobran despues de la formacion de los hacecillos fibrovasculares (Fig. 24 g). Se pueden encontrar tambien en dicho tejido dife-

rentes formas de células y tejidos, principalmente en las partes que lindan inmediatamente con otros sistemas por formas particulares de las células.

Hipoderma (hypoderma) se llaman las formas del tejido fundamental que acompañan al tejido epidermático. Muchas veces (en los tallos y pecíolos de las Dicotyledóneas) se presenta el hipoderma en la forma de *colénquima (collenchyma)* (Fig. 33 cl), es decir, las células son angostas, alargadas, y tienen en las aristas (cantos) longitudinales una masa muy dilatable por el agua, é hinchada, masa por la cual se efectúa el engrosamiento parcial de las paredes (v). En otros casos se compone el hipoderma de elementos fibrosos ó esclerenquimáticos.

Las *vainas de los hacecillos, ó vainas de resguardo de los hacecillos fibrovasculares,* se forman de la parte del tejido fundamental que toca al rededor de los hacecillos fibrovasculares y que tiene células de formacion particular. Así, los hacecillos fibrovasculares cerrados, de las Gramíneas (Fig. 29) y Palmas, se encuentran rodeados por una vaina formada de algunas capas de células parenquimáticas con membrana gruesa. Así, ademas, una capa simple de células forma una cubierta comun del círculo de hacecillos abiertos en muchas Dicotyledóneas, tocando solamente el cuerpo del líber de los mismos (Fig. 30 gs.).

La *masa restante* del tejido fundamental se compone (con excepcion del tejido fundamental prosenquimático en el tallo de las Lycopodiáceas y otras plantas) de parénquima con células suculentas y paredes delgadas y rodeadas de espacios intercelulares —parénquima que, ó contiene muchos granos de clorofilo, v. gr., en las hojas y en la corteza primaria de muchos tallos; ó está sin color, como en el interior de tallos suculentos, en todas las raíces y en frutas suculentas. En las diferentes partes del tejido fundamental, se hallan, ya células *esclerenquimáticas* aisladas (v. gr., en la carne de las peras, en el pa-

rénquima de la corteza de muchos árboles), ó ya tejidos esclerenquimáticos mas extensos, como en la cáscara dura de las drupas (carozos de prunas, duraznos, etc).

§ 19. En los tres sistemas de tejidos se hallan todavía, fuera de las formas de tejidos mencionadas, otras formaciones mas, que sirven para separar y conducir ciertas sustancias que no se encuentran en todas las plantas. Estas formaciones son, ó fusiones de células (los vasos de leche ó lactíferos, los vasos tubulares, glándulas), ó espacios intercelulares llenos de líquidos (conductos de resina y goma).

Los *vasos lactíferos* (Fig. 34) son fusiones de series de células, rectilíneas ó ramificadas con anastomósis, y que traspasan, ya el tejido fundamental, ya el sistema fibrovascular, ó ya ambos, y se hallan en muchísimas plantas, v. gr., en las adormideras, que son especies de Papaver; en las especies de Campanula, Taraxacum officinale y plantas aliadas, como es la escorzonera (Scorzonera hispanica), salsifí (Tragopogon porrifolius), etc. El contenido de estos vasos lactíferos se compone de una savia acuosa, en que se encuentran diferentes sustancias diluidas, y de pequeñas partículas aisladas, que forman una especie de emulsion y contienen muchas veces caoutchouk (cáucho ó goma elástica). Esta savia de leche se halla, en otras plantas, en células á todos los lados cerradas, á veces muy alargadas y ramificadas *(células lactíferas),* que traspasan el tejido fundamental; á veces tienen membrana muy gruesa (Euphorbia); á veces muy delgada (Asclepiádeas, Móreas). De esta savia lechosa se gana una gran cantidad de las mas importantes sustancias medicinales é industriales: tal es el caucho, savia lechosa de una Euforbiácea Siphonia elástica; el opio, que no es otra cosa que la savia lechosa de las cápsulas de las frutas aun no maduras de la adormidera, Papaver somniferum.

Los *vasos tubulares,* que se componen de células alargadas, arregladas en series, ó contienen una especie de savia lechosa (como en la cebolla comun, Allium Cepa), ó se hallan, ademas, llenos de ráfides; se encuentran estos vasos tubulares en las Monocotyledóneas.

Glándulas se llaman las células ó complexos de células que contienen sustancias especiales, generalmente olorosas, resinosas ó azucaradas. En un complexo de esta clase se disuelve muchas veces una parte de las paredes celulares, de modo que se forma un hueco lleno de la sustancia correspondiente (Fig. 35). La sustancia, ó se reune en el interior de la glándula misma, v. gr., el aceite en la cáscara de los limones y naranjas (véase tambien Fig. 35), ó se separa hácia afuera, v. gr., en las glándulas superficiales de muchos tallos viscosos y de los nectarios. Las glándulas se hallan en los tejidos y partes mas diferentes de las plantas. Abundan ellas en los depósitos de miel ó nectarios de las flores, como igualmente en muchos pelos. Las *vedijas glutinosas,* que segregan de sí la savia resinosa y gomosa que cubre los brotes nuevos y botones de muchos árboles, v. gr., del castaño de Indias (Aesculus Hippocastanum), son pelos glandulíferos, de estructura particular.

Los *conductos de resina y goma* son espacios intercelulares, es decir, se forman de manera que ciertas células, que segregan en su interior resinas ó sustancias semejantes, se alejan una de la otra. Estas células se distinguen del otro tejido, á veces por su arreglo y particion, como igualmente por su contenido (Fig. 36). Este es: ó aceite (en las Compuestas), ó una mezcla gomosa de mucilago, con sustancias oleosas ó resinosas—una de las resinas de goma (en las Umbelíferas y aliadas); ó un bálsamo claro, que, expuesto al aire, se endurece para formar una resina (en las Coníferas y Terebintáceas).

Los conductos de resina traspasan generalmente el largo de los órganos de las plantas; sin embargo, á veces tienen la vista de depósitos de resina en forma de glándulas. Se encuentran estos conductos en pocas familias de plantas.

§ 20. El meristema primogénito, la célula al vértice y el grupo de células al vértice. La punta creciente, que es el vértice de los órganos, v. gr., de las raíces y tallos, se llama *punto de vegetacion.* En las raíces se lo distingue por el color amarillento de una parte de dichas raíces, la cual aparece por fuera y se halla cubierta por una masa transparente en forma de capucha parada,—masa que se llama *esponjilla* ó *esponjiola (spongiola)* (véase § 22). En los tallos se encuentra el punto de vegetacion enteramente cubierto por las hojas nuevas. En todos los puntos de vegetacion no se encuentran todavía las formas de células hasta ahora mencionadas, ni los sistemas de tejidos: se encuentra solamente un tejido cuyas células tienen aun la facultad de dividirse, y las cuales contienen mucho protoplasma: tienen paredes delgadas, y se juntan, sin quedar separadas por ninguna parte, por espacios intercelulares: tal es el *meristema primogénito* ó *tejido primogénito.* De éste se forman poco á poco los diferentes sistemas de tejidos segun las diferentes formaciones de las células, al principio homogéneas. La mayor cantidad de hojas, frutas y muchos otros órganos, se componen enteramente, en su primera juventud, de meristema primogénito, que se transforma mas tarde, en todas sus partes, en las diferentes formas y sistemas de tejidos, de modo que ya no queda un resto de meristema primogénito. Al contrario, en órganos cuyo vértice tiene un crecimiento estable, como en el mayor número de tallos y raíces, se forma, en la misma proporcion en que el meristema primogénito se transforma en tejido estable, nuevo meristema primogénito por medio del nacimiento de nuevas células cerca del vértice.

En las Cryptógamas (con excepcion de las Lycopodieas) esta formacion permanente del meristema primogénito se efectúa por medio de una sola célula, que se distingue por su tamaño y forma, y se halla en la punta extrema del órgano: esta célula se llama la *célula vertical* (Fig. 37 v.). De ella se forman todas las células del meristema primogénito, y de este modo, tambien, las de todo el cuerpo del órgano de la planta; de manera que sucesivamente se vá partiendo ella en células hijas de á dos, de las cuales la una queda parecida, en la forma, á la célula primogénita al vértice; crece y funciona otra vez como célula conductora, miéntras que la otra, que se llama « el *segmento*», forma, por particiones secundarias (a, b, c, Fig. 37), una parte del tejido del órgano. Todo este tejido del órgano se compone de los segmentos, cortados uno despues del otro. El modo en que se forman los segmentos, es, en algunas Algas, muy simple: se parte la célula al vértice, solamente en paredes transversales, y los segmentos forman así una serie longitudinal. Mas complicado se presenta este proceso, si los segmentos se cortan alternativamente por medio de paredes oblícuas y que se tocan una á la otra; y todavía mas complicado aun, en los tallos de los Musgos y Helechos, donde la célula al vértice tiene la forma de una pirámide vuelta de arriba abajo, dividiéndose en una serie sucesiva por sus tres lados, por medio de paredes oblícuas (Fig. 37). En las raíces del mayor número de las Cryptógamas vasculares, se cortan, á mas de los segmentos para el cuerpo de aquellas, otros para el lado de afuera, y se producen así las células de la esponjilla.

Los puntos de vegetacion de las plantas superiores, que son las Fanerógamas, no tienen únicamente una célula conductora al punto de vegetacion á que se podria reducir el nacimiento de las células del

meristema primogénito, sino que dicha célula se halla sustituida aquí por un *grupo de células.* En los puntos de vegetacion de los tallos del mayor número de las Fanerógamas, se halla un grupo formado generalmente de muchas células al vértice, grupo cuya capa superficial forma solamente, por particiones en direccion radial, células que pertenecen mas tarde únicamente á la epidérmis, miéntras que las capas que quedan abajo de la mas superficial, producen por lo comun corteza primaria; y los elementos del sistema fibrovascular y las partes del tejido fundamental que quedan entre los hacecillos (médula y comunicaciones medulares), traen al mismo tiempo su orígen de la parte mas interna del grupo.

Un crecimiento semejante al de los puntos de vegetacion de los tallos fanerogámicos muestran tambien, en el primer período de crecimiento, los puntos de vegetacion de las hojas fanerogámicas, los cuales luego desaparecen (Véase § 41).

En las raíces de las Fanerógamas, las células del grupo al vértice están dispuestas de diferente modo. El caso mas sencillo de todos, en las Fanerógamas, ofrecen algunas Dicotyledóneas (v. gr., Papilionáceas y Cucurbitáceas), cuyas raíces tienen un grupo al vértice, que es representado por una capa transversal de meristema primogénito, que trabaja de una manera semejante á un cambium, cortando por una parte segmentos para la esponjilla, y por otra para el cuerpo de la raíz. Mas complicado es el tipo de las Gymnospermas, en cuyas raíces el grupo del meristema primogénito está dividido en dos partes: una exterior, que rodea á la otra en el vértice, produce las células para la esponjilla, cáscara y epidérmis de la raíz; otra interior forma el cilindro de los hacecillos fibrovasculares y las partes del tejido fundamental entre los hacecillos (médula y comunicaciones medulares). Otro tipo de crecimiento revelan los puntos de vegeta-

cion de las raíces de muchas Monocotyledóneas. El grupo de meristema primogénito al vértice, se halla dividido en tres diferentes partes ó pisos, de las cuales cada una se forma únicamente de una capa de células, quedando estas capas una detras de la otra en direccion de la punta al cuerpo de la raíz. El primero, que es el piso superior, produce las células de la esponjilla; el segundo, detras de éste y mas léjos de la punta de la raíz, produce las células de la epidérmis y cáscara primaria; y el último, el tercero, está todavía mas adentro en el cuerpo de la raíz, produce el cilindro de los hacecillos fibrovasculares. y, en caso de que existan, la médula y las comunicaciones medulares.

Un crecimiento semejante revelan ciertas Dicotyledóneas (v. gr., Lineas, Compuestas). El grupo se halla tambien dividido en pisos formados cada uno general y únicamente de una capa de células; pero el mas superior y mas cercano á la punta de la raíz, produce, á mas de la esponjilla, la epidérmis; el segundo, detras del primero, solo la cáscara primaria, y el tercer piso produce el cilindro fibrovascular y las partes medulares, las cuales ayudan muchas veces á componer á éste último.

Fuera de estos tipos principales del crecimiento de los puntos de vegetacion de raíces, hay todavía otros que no mencionamos.

CAPÍTULO TERCERO.

La forma exterior.

§ 21. Miembros del cuerpo de la planta. La planta superior tiene para sus diferentes funciones de vida, diferentes órganos, que vulgarmente se llaman raíces, tallos, hojas, frutos, etc.

Si se miran las funciones de los órganos, entónces ellas son objeto de la Fisiología; pero si no se las toma en consideracion, sinó que solamente se mira la relacion entre la disposicion de uno y la del otro órgano, su posicion y la manera como nacen y se forman, el modo de su crecimiento y las proporciones del tamaño,—entónces estos órganos aparecen solamente como partes de la forma, y se pueden llamar *miembros.*

De esta manera de apreciacion, que es la morfológica, resulta que todos los órganos se pueden considerar bajo cuatro conceptos generales, y son: *raíz, tallo, hoja y pelo.* El cuerpo de las plantas inferiores, para el cual no podemos emplear estos conceptos, v. gr., de las Algas, Hongos, Líquenes, se llama *talus (thallus).*

Con excepcion del tronquito de la planta germinante, que se forma directamente de la célula embrional, todos los miembros se forman de partes de otros.

Las partes de las plantas pueden, reproduciéndose á sí mismas, formar miembros laterales, homogéneos. Así, por ejemplo, una raíz debajo de su punta (punto de vegetacion) forma, una despues de la otra, raíces secundarias enteramente homogéneas; pero en un tallo ó tronco, se forman, á mas de ramos, que son reproducciones de él, hojas, raíces y pelos; en las hojas,—pelos, etc. Si este proceso se efectúa de una manera enteramente normal, entónces siempre el mas jóven de los órganos entre sí homogéneos, resulta ser el mas cercano del punto de vegetacion; de modo que, v. gr., la raíz mas nueva está mas cerca de la punta de la raíz madre, que todas las otras raíces secundarias; igualmente, la hoja mas nueva viene á ser siempre la mas cercana á la punta del tallo; es por esto que se concibe inmediatamente, por la serie en que están dispuestos los miembros laterales, el arreglo de las sucesivas forma-

ciones: esto significa. que, si se cuentan las hojas principiando desde la base del tallo en que están dispuestas. y continuando hasta la punta, se indica tambien, por la serie de disposiciones de hojas, la serie de las sucesivas formaciones de las mismas. Todos los miembros laterales que están dispuestos de esta manera, se reputan formados en órden ascendiente ó *acropetal*. Pero, si en la misma zona horizontal del miembro productivo, no solo se forma una, sinó dos ó várias formaciones laterales homogéneas, entónces se habla de disposicion en *verticilo (verticillus)*, v. gr., de raíces secundarias en una raíz primaria; de hojas en un tallo (como en la uva de zorro, Paris quadrifolia, indígena de los bosques de Europa; en las ramas de Eucalyptus globulus, árbol indígeno en Nueva Holanda, que se cultiva mucho en los países sud-americanos, etc.). Los miembros de un verticilo, que están puestos á la misma altura, pueden formarse, ó al mismo tiempo, ó uno despues del otro; en el primer caso el vertícilo se llama *simultáneo*; en el segundo, *sucesivo*. Es á veces difícil probar que los miembros de un verticilo se forman en órden acropetal. Llevan el nombre de formaciones *adventicias* las que no son dispuestas en órden acropetal, v. gr., las raíces laterales que se forman en una raíz vieja, sin cierto arreglo.

Ademas, la formacion de miembros laterales se puede efectuar, ó de un modo *exógeno*, es decir, de las capas exteriores del miembro que los produce, como las hojas en un tallo (véase Fig. 39); ó de un modo *endógeno*, esto es, del interior del miembro que los produce, rompiéndose y abriéndose las capas exteriores de éste. Así, las raíces salen de otras raíces (véase Fig. 38), ó de troncos; se forman ademas, ciertos ramos, v. gr., los de las especies de Equisetum ó cola de caballo.

§ 22. En el sentido científico botánico, no se llaman RAÍCES, como vulgarmente sucede, todas las

partes subterráneas, sinó solamente aquellos miembros que se forman de un modo endógeno, que no producen hojas y que están cubiertos en su punto de vegetacion por una masa particular de tejido—la *esponjilla* (Fig. 38 h), de cuya formacion hemos tratado ya arriba (§ 20). Las células exteriores de la esponjilla, generalmente se apartan gastándose por medio del contacto con las partículas de arena, humus, etc., que contiene el suelo, miéntras que del lado del vértice se forman permanentemente nuevas.

Las raíces solo se hallan en plantas que poseen hacecillos fibro-vasculares, y siempre contienen ellas mismas hacecillos; solamente en muy pocas plantas vasculares faltan las raíces enteramente.

Raíz primaria (radix palaris) se llama en las Fanerógamas la raíz que se forma en la punta inferior del tallo del nuevo gérmen; se queda ella, en las Monocotyledóneas (v. gr., las Gramas), pequeña; solamente en las Dicotyledóneas (á las cuales, v. gr., pertenecen las habas, el tabaco, muchos árboles) y en las Coníferas, alcanza ella á un tamaño considerable, comparativamente al de la otra parte de la planta. Todas las otras raíces,—las *raíces laterales* ó *secundarias*, se forman del lado del tallo ó de otras raíces, v. gr., de la raíz primaria; ó de otras raíces secundarias; á veces tambien de las hojas. Ellas se forman siempre de una capa de tejido interior (cuya capa es generalmente, en las raíces, el pericambium, esto es, la parte mas externa del cuerpo fibrovascular), y rompen y traspasan el tejido exterior (Fig. 38). Como ellas se forman generalmente de la parte de pericambium que queda en el lado exterior de los hacecillos de xilema, y como estos traspasan la raíz por su largura,—las raíces laterales se hallan dispuestas en series longitudinales en la raíz madre. No obstante, mas tarde se forman muchas veces, entre estas raíces. otras numerosas adventicias en cua-

lesquiera lugares. En algunas plantas (gramas, lirios, etc.) se hallan las raíces del gérmen rodeadas por una masa de tejido,—masa que rompen y traspasan dichas raíces cuando crecen, quedando éstas entónces, aun por un tiempo mas, rodeadas en su base, por la expresada masa. Esta masa se llama *coleoriza (coleorhiza).*

La forma primogénita de las raíces, es la de un hilo cilíndrico; solamente las raíces que tienen un crecimiento suplementario respecto al grosor, y que se ponen suculentas, son fusiformes, es decir, tienen forma de huso ó broca (v. gr., los nabos), ó de tubérculo (v. gr., dalia). Se distinguen, bajo un punto de vista fisiológico, las *raíces aéricas* de muchas plantas tropicales (principalmente de los Helechos arbóreos, Orquídeas, Aroídeas), que sirven para fijar sus respectivos vegetales, en los árbolos, peñas, etc.; además las raíces que salen en ciertos puntos del tallo de la yedra (Hedera Helix), en filas, una cerca de la otra; permanecen cortas y sirven para fijar la planta en las murallas, troncos de árboles, etc.; y finalmente se distinguen fisiológicamente las raíces *chupadoras* de algunas parásitas, v. gr., de las especies de Cuscuta (que se llaman vulgarmente «cabellos de ángel»),—raíces que entran en el tejido de la planta alimenticia.

§ 23. El miembro de la planta, que produce hojas en su punta creciente, se llama *eje,* vulgarmente TALLO ó TRONCO. *Brote* se llama el tallo con sus hojas. Las HOJAS se distinguen por los siguientes caractéres: 1.°, se forman casi siempre en órden acropetal; 2.°, siempre de modo exógeno (véase Fig. 39); y 3.°, tienen siempre otra forma diferente de las del tallo y ramos que las producen.

Las hojas se forman, en la punta del tallo, generalmente una cerca de la otra, y las partes del tallo que están libres entre las hojas, ó subsisten cortas (v. gr., en las rosetas de las especies de Planta-

go ó Llanten, y de las de Sempervivum, en el mayor número de flores), ó se alargan mucho, de modo que las hojas se alejan una de la otra. La parte del tallo que está libre entre dos hojas, se llama *entrenudo* ó *internodio* (*internodium*). La parte que separa los entrenudos, á veces se distingue por su formacion, y se llama *nudo* (*nodus*). Principalmente en tallos que tienen hojas dispuestas en verticilos, ó en tallos rodeados de hojas por su ancha base (hojas abrazadoras), los nudos están bien separados de los entrenudos. La parte de la superficie del tallo en que está puesta la hoja, se llama la *insercion* de la hoja, y el punto céntrico de ella *punto de insercion*.

La comunicacion del tallo con la hoja se efectúa á medida que los tejidos de él van pasando continuamente á los mismos tejidos de ésta; es así como la epidérmis continúa desde el entrenudo hasta la hoja (Fig. 39); igualmente pasa el tejido de la corteza del tallo, al tejido fundamental de la hoja; tambien los hacecillos fibrovasculares se hallan en íntimo conexo, y ya están arreglados desde su nacimiento, de modo que cada hacecillo sube de una parte del tallo, bajo de una insercion de la hoja, para encorvarse hácia el lado de afuera y entrar en la hoja. Por esto se llama la parte de un *hacecillo comun* que traspasa el tallo, el *rastro interior de la hoja*. No obstante, en ciertas plantas (v. gr., Hippuris, Helechos) tiene el tallo uno ó algunos *hacecillos propios*, á cuyos lados se juntan los que salen de las hojas.

La punta creciente de un brote es el *boton* ó la *yema*: se forma ella de las hojas nuevas, que se tapan una á la otra, y de la punta del eje encerrada por ellas. Si el brote es muy nuevo, él se forma únicamente de la yema ó boton.

Las hojas nuevas se hallan generalmente encorvadas encima de la punta del tallo.

Segun crecen mas ó ménos las hojas en el ancho, se tocan, cuando son vecinas, solamente con sus bordes (*prefoliacion valvular; praefoliatio valvata*); ó están estos bordes uno encima del otro (*prefoliacion recargada, praefolatio imbricativa*). Tomando en consideracion la forma de la hoja en el boton (*vernacion, vernatio*), se distinguen: la *vernacion llana* (*vernatio plana*); la *duplicativa* (*v. duplicativa*), si la hoja ofrece un pliegue sobre su nervio mediano (v. gr., la hoja de la haba); la *plegada* (*v. plicativa*), si la hoja está plegada varias veces longitudinal ú oblicuamente (v. gr., las hojas de las hayas, especies de Fagus); *la ajada*, si se encuentran pliegues y desigualdades en todas direcciones (v. gr., las hojas de la flor (pétalos) de la adormidera, especies de Papaver); la *supervolativa* (*v. involutiva*), si los lados de la hoja se encuentran arrollados hácia adentro (como en la violeta, Viola odorata); la *revolutiva* (*v. relutiva*), si los lados de la hoja están arrollados hácia afuera, v. gr., en las especies de Rumex); la *convolutiva* (*v. convolutiva*), si la hoja entera está arrollada en una direccion que representa la forma de una corneta (como en las achiras, especies de Canna); la *circinal* (*v. circinata*), cuando la hoja se arrolla del ápice á la base (v. gr., las hojas de los Helechos); la *vernacion ensortijada* (*v. contorta*), cuando todas las hojas de un verticilo se tapan una á la otra y están torcidas (v. gr., los pétalos de la flor de las yerbas doncellas ó especies de Vinca, y los de las especies de Echites).

La *flor* es un brote entero ó una parte del brote, cuyas hojas, representando un cáliz, una corola, estambres y carpelos, se han formado de una manera particular; es ella una propiedad de las Fanerógamas, y se tratará de la misma en la característica de éstas (III^{a}. Parte de este Curso de Botánica).

El *nacimiento normal* de brotes se efectúa (con excepcion del tallo del gérmen en la semilla) solamente por medio de la ramificacion de otros brotes. Si no se toma en consideracion la ramificacion dicotómica (véase § 26), aquel se halla en relacion

determinada con las hojas del tallo que produce los brotes laterales. De este modo, en las plantas superiores, como las Fanerógamas, los brotes son regularmente *axilares,* es decir, se desarrollan por lo general de á uno en cada *sobaco* ó *axila (axilla),* esto es, en el ángulo formado por la línea mediana de una hoja—la hoja *de apoyo (folium fulcrans),* y por el entrenudo que queda encima de la hoja (Fig. 39). No obstante, á veces se encuentran en la axila de una hoja algunos brotes, como en algunas cebollas, v. gr., de Muscari. En las Cryptógamas los brotes laterales muchas veces están puestos al lado del punto de insercion de una hoja, ó debajo de éste, v. gr., en los Musgos.

Tambien se forman en las raíces brotes adventicios (muchas veces en los árboles, v. gr. en los álamos); en las hojas (v. gr., en Bryophyllum; algunos Helechos, como Asplenium decussatum); tambien en los pecíolos de las hojas (en algunos Helechos, v. g. Aspidium Filix mas). Tanto las yemas normales cuanto las adventicias, pueden cortarse de la planta ántes que crezcan á lo largo, y reproducir nuevas plantas; se llaman ellas *yemas prolíficas:* tales son las yemas en forma de cebolla (búlbulos aéreos, ó bulbilos, bulbilli), en las axilas de la azucena bulbífera, Lilium bulbiferum; en las inflorescencias de especies de Allium, y las yemas ya mencionadas en la hoja de Asplenium decussatum. En los Musgos y otras Cryptógamas se comprenden bajo el nombre de yemas prolíficas, diferentes órganos de multiplicacion (véase § 50), perteneciendo tambien á ellas las verdaderas esporas y los órganos sexuales.

Los ejes tienen generalmente forma cilíndrica ó forma prismática. Se llaman vulgarmente los ejes mas blandos, y herbáceos, de la corta vida de un año, *tallos (caules);* los ejes leñosos, que crecen en el espesor, *troncos (trunci),* y los brotes laterales de ellos, *gajos, ramos, ramas y ramitos.*

Tubérculo (*tuber*) se llaman los brotes en que el eje está muy creciente en el espesor miéntras que las hojas de forma de escamas quedan, pequeñas, v. gr., los tubérculos (papas en Sud América, patatas en España) de Solanum tuberosum, las patatas de caña, ó tubérculos de Topinambur (Helianthus tuberosus).

La *cebolla* ó el *bulbo* (*bulbus*), se forma de un eje muy acortado, lleno, de forma de torta (*lecus*), que tiene numerosas hojas puestas una muy cerca de la otra, de mòdo que una tapa y envuelve enteramente á la otra.

Rizoma (*rhizoma*) se llama el tallo subterráneo, que recibe anualmente nuevos brotes herbáceos con hojas verdes, saliendo ellos de la tierra; muchas veces estos rizomas crecen en direccion horizontal bajo de la superficie del suelo (v. gr., los de Convallaria, de Anemone, de muchos Helechos).

Estolones (*stolones*), *brotes* ó *renuevos arraigados*, son los tallos laterales que crecen en la superficie de la tierra, ó dentro de ella, para arraigarse en cierta distancia de la planta madre y formar otra planta hija (v. gr., los de las fresas, especies de Fragaria). Tambien una parte del tallo supraterráneo de algunas plantas, está puesta de una manera semejante en la superficie de la tierra (v. gr., la del Tomillo, Thymus vulgaris, espontáneo en España, etc.). El tallo se llama entónces *procumbente* (*caulis procumbens v. decumbens*); y si se arraiga en los nudos, *rastrero* (*caulis repens*).

Se llama *filocladio* (*phyllocladium*) cierto tallo aplanado, semejante al mayor número de hojas y que tiene solamente muy pequeñas hojas (v. gr., el tallo de los bruscos, que son especies de Ruscus, subarbustos de la Europa austral).

Una gran diversidad en la forma de los tallos supraterraneos con formacion suprimida, de hojas, se encuentra en la familia de las Cácteas (Hay en ésta troncos cilíndricos, prismáticos, redondos, en forma de columna ó cinta, etc.).

Son *zarcillos* (*cirrhi*) los tallos alargados, filiformes, que se forman á los lados de los brotes co-

munes y que se pueden encorvar al rededor de otros cuerpos delgados en forma de espiral. No tienen hojas; ó, si las tienen, son ellas muy pequeñas, de forma de escamas (v. gr., los de las especies de Cissus y Vitis (parras) los de Passiflora (pasionarias). (Véase tambien § 44 y Fig. 48).

Son *enredaderas* (*caules volubilis*) los tallos provistos de hojas generalmente grandes y verdes, que, subiendo, dan vuelta á un sosten derecho (v. gr., el lúpulo, Humulus Lupulus; las judías, especies de Phaseolus; suspiros, especies de Ipomaea; correjuelas, especies de Convolvulus) (véase § 44).

Algunos ejes se transforman en *espinas* (*spinae*) tomando la forma de cuerpos duros, agudos; tambien, á veces, solamente las puntas de las ramas que ántes han producido hojas y ramitos laterales, se transforman en espinas (v. gr., Prunus spinosa y P. insititia, arbustos ó árboles pequeños europeos; el Atamisque, Atamisquea emarginata; y los molles, especies de Duvaua, arbustos indígenos en algunas partes de Sud América).

Las *hojas* son regularmente aplanadas, extendidas, delgadas; raras veces cilíndricas; prismáticas (v. gr., las de los pinos, especies de Pinus; las de las especies de Mesembryanthemum, Sedum); ó de forma de cañuto (v. gr., las hojas de la cebolla y las del ajo). Es posible generalmente, partirlos en dos mitades, semejantes la una á la otra, por medio de una planicie vertical—la *planicie mediana*, que se pone en la punta y en el punto de insercion. Por lo comun estas mitades son iguales, lo mismo que un objeto y su imágen dentro de un espejo, y la hoja se llama entónces *simétrica*. La parte inferior, ó la exterior, de la hoja, es por lo regular diferente de a parte interior superior, en estructura, color, disposicion de pelos, etc. Generalmente la planicie de la hoja (si no se toman en consideracion torsiones secundarias) está puesta en direccion rectangular á la planicie mediana; no obstante, en algunos casos (v. gr., las hojas de los lirios, especies de Iris), la hoja está

extendida en su parte superior en direccion á la planicie mediana.

En las plantas superiores de alta organizacion, se distinguen de las hojas. diferentes *formaciones,* produciendo ciertas regiones del tallo, formas de hojas correspondientes en ciertas propiedades; se llama esta relacion *metamórfosis.* Fuera de las formaciones de las hojas que componen las flores, se distinguen tres mas:

1.ª Las *hojas comunes,* generalmente llamadas con el simple nombre de *hojas (folia),* representan la formacion mas vulgar; se distinguen por un contenido abundante de clorofilo, y se extienden segun su funcion (que es la alimentacion por medio del clorofilo, véase II.ª Parte § 29) á la luz del sol. Si son pequeñas, las hay entónces. comunmente, en gran cantidad; y cuando mas grandes, mas pequeño es el número de ellas.

2.ª Las *escamas (squamae, phyllades)* se encuentran regularmente en tallos subterráneos (v. gr., las escamas de la cebolla de Allium Cepa, las pequeñas escamitas de los tubérculos de Solanum tuberosum), pero tambien en los supraterráneos, principalmente las escamas de las yemas hiemales de casi todos los vegetales leñosos, que son en éstas las hojas inferiores formadas por el brote jóven, cayéndose despues de su desarrollo (v. gr., las escamas morenas lucidas del castaño de Indias, Aesculus Hippocastanum, de los álamos, especies de Populus). Tambien son escamas muchos *cotiledones (cotyledones),* que son las hojas primordiales de una planta fanerogámica germinante. En algunas plantas que no tienen color verde (v. gr., Orobanche) hay solamente escamas, á mas de las partes de las flores. Las escamas se hallan puestas, generalmente con base ancha, en el tallo; son de estructura simple y no tienen nervios salientes visibles por los lados de afue-

ra; sirven generalmente como resguardo de otros órganos y no influyen de ningun modo en la alimentacion. Por esto contienen ellas solo muy poco clorofilo, ó carecen completamente de él: así es que muchas veces no son verdes; solamente los cotiledones de muchas plantas, son una excepcion en este sentido.

3.ª Las *hojas florales* ó *brácteas* (*bracteae*), pertenecen á la region florífera del tallo: son mas pequeñas que las hojas comunes: están puestas, generalmente con base angosta, en el tallo, y tienen un color verde: otras son de color rosa (v. gr., las hojas florales que forman el involucro de las flores de la flor de Santa Rita, Bougainvillea spectabilis, indígena del Brasil; de color blanco las de Colignonia glomerata, que crece en la Sierra de Tucuman, etc).

El tejido fundamental de las hojas, que se llama *mesofilo* (*mesophyllum*), está traspasado comunmente por numerosos hacecillos fibrovasculares, que, rodeados por las capas vecinas del mismo, sobresalen generalmente en una de las dos caras de la hoja, y son por lo ménos visibles, llamándose entónces *nervios* (*nervi*). La disposicion de estos, ó sea, la *nervacion* (*nervatio*), es característica en ciertos grupos de plantas: v. gr. en las hojas *rectinerviosas* (*folia parallelinervia v. rectinervia*) del mayor número de las Monocotiledóneas, los nervios no se ramifican, ó sucede esto solo raras veces, y son casi paralelos uno al otro; en las hojas de muchas Dicotiledóneas, al contrario, entran solamente pocos nervios, que, entónces, se ramifican de varios modos formando anastomósis (*folia reticulato-venosa*). En este caso, segun sea la ramificacion, ó es la nervacion *pinada*, (*folia pinninervia vel pinnatinervia*), es decir, hay un nervio mediano que traspasa el medio de la hoja, y que, á manera de las barbas de las plumas de ave, tiene numerosos nervios laterales ó *venas*

(venae) (v. gr., las hojas de la haya, del olmo, sauce, álamo, tabaco); ó es ella *palmada (folia palminervia vel palmatinervia)*, es decir, el nervio se parte entónces, en la base de la lámina, en algunos nervios igualmente gruesos, divergentes, que se pueden ramificar de diferente modo (por ejemplo, las hojas de los arces, especies de Acer; de la yedra Hedera Helix; de la higuera, Ficus carica; palmacristi ó tártago (nombre en la República Argentina), especies de Ricinus).

La hoja puede estar dividida, como en las Palmas, Aroídeas, Umbelíferas, en su direccion longitudinal, en tres partes: *vaina, peciolo* y *lámina*. No obstante, muchas veces solo se pueden distinguir dos partes: la vaina y la lámina (v. gr., en las gramas); ó peciolo y lámina (v. gr., la hoja de la calabaza) tampoco tiene muchas veces la hoja organizacion alguna, esto es: se compone solamente de la lámina, ó corresponde en su forma á una vaina ó un peciolo. La *vaina (vagina)* circunda,—en forma de un cañuto abierto, ó en su base cerrado,—la parte del tallo cerca de la insercion (una vaina relativamente grande y bien distinta, se halla en muchas Gramíneas y Umbelíferas); el *peciolo (petiolus)* es angosto, regularmente cilíndrico ó prismático, y tiene en su punta la *lámina (lámina)*, que es por lo comun llana y extendida.

Cuando la lámina se halla puesta inmediatamente en el tallo, entónces se llama la hoja *sésil* ó *sentada (folium sessile)*; cuando la hoja rodea en la insercion todo el circúito, ó midad del circúito del tallo, ella se llama *abrazadora (folium amplexicaule)*, ó *medio abrazadora (folium semiamplexicaule)* (v. gr., Thlaspi perfoliatum); *traspasada (folium perfoliatum)*, si los bordes de la hoja se juntan en el lado del tallo, contrario á la insercion (v. gr., Bupleurum rotundifolium, maleza en las siembras de Europa); no se deben confundir con la hoja *traspasada* las hojas *trabadas (folia connata)*: éstas

se forman cuando dos hojas, puestas en la misma altura y careciendo de peciolo, se unen al frente en su base (v. gr., las hojas de Lonicera Caprifolium,—enredadera que se cultiva para adorno de las murallas, enramadas, etc., y que es indígena de Europa; las de la carda Dipsacus Fullonum). En la hoja *escurrida* (*folium decurrens*) se prolonga la lámina, en el tallo, mas allá de la insercion: el tallo se llama entónces *alado* (*caulis alatus*), (por ejemplo, en algunas especies de Verbascum); el pecíolo de la hoja puede tambien ser alado de un modo semejante por medio de la lámina escurrida.

El pecíolo solo raras veces se halla unido con la cara inferior de la lámina (v. gr., en el Tropaeolum majus,—planta originaria del Perú, que se cultiva generalmente en los jardines bajo los nombres de mastuerzo, capuchina ó espuela de galan; en muchas tembladerillas, especies de Hydrocotyle): entónces se llama la hoja, *abroquelada* (*folium peltatum*). Generalmente el peciolo está unido con el borde posterior de la lámina entónces puede estar bien separado de la lámina, traspasar á ésta poco á poco (lo último se vé, v. gr. en la hoja de *forma de cuña* (*folium cuneatum*), de Bellis perennis y de otras plantas). *Acorazonada* (*folium cordatum*) se llama la hoja, sea ella sentada ó peciolada, si su borde posterior (base de la lámina) está escotado (v. gr., las hojas de la lila ó Syringa); *aflechada ó asaetada* (*folium sagittatum*), si la lámina ofrece á los dos lados de la base dos lóbulos puntiagudos (v. gr., las hojas de Sagittaria).

Segun los contornos de todos los lados de la espansion de la hoja, ella es: ó *lineai* (*folium lineare*), si los bordes son aproximadamente paralelos (v. gr., las hojas de casi todas las gramas); ó *alanceolada* ó *lanceolada* (*folium lanceolatum*), si es por lo ménos cuatro veces mas larga que ancha; *aovada* (*folium ovatum*), si es doblemente mas larga que ancha, pero mas ancha cerca de su base que cerca de la punta; *trasaovada* (*folium abovatum*), si es de la misma forma, pero la mayor anchura está mas cerca de la punta

que de la base; *casi circular* (*folium subrotundum*) y *circular* (*folium orbiculare*); *arriñonada* (*folium reniforne*), si es mas ancha que larga, y, ademas, en su base, acorazonada.

Segun el estado de la punta de la lámina, es decir, la parte contraria al punto de insercion y de la union con el peciolo, es la hoja, ó *aguda* (*folium acutum*), si los bordes corren poco á poco acercándose y formando un ángulo agudo; ó *apuntada* ó *acuminada* (*folium acuminatum*), si la punta está bien separada del resto de la lámina; ú *obtusa* (*folium obtusum*); ó *escotada* (*folium emarginatum*), si el borde ancho y obtuso de la punta ofrece un seno entrante en forma de muesca; ó *tras-acorazonada* (*folium obcordatum*), si este seno es hondo (v. gr., las hojuelas de la hoja de Oxalis); á veces tambien es la hoja *mucronada* (*folium mucronatum*), si forma súbitamente un aguijon pequeño (v. gr., las hojuelas de la hoja de la alfalfa, Medicago sativa).

El borde de la hoja *indivisa*, ó es *liso*, y entónces se llama la hoja *muy entera*, *enterísima* (*folium integerrimum*); ó tiene pequeños lóbulos. La hoja es *dentada* (*folium dentatum*), si los lóbulos tienen forma de dientes derechos y agudos; ó *aserrada* (*folium serratum*), si los dientes miran hácia la punta de la hoja; ó *almenada* (*folium crenatum*), si el borde ofrece lóbulos redondos obtusos.

Si las incisiones son mas profundas, entónces ya no se llama la hoja *indivisa* ó *entera* (*folium integrum*), sino *ramificada;* se la distingue especialmente con el nombre de *lobulada* (*folium lobatum*), cuando la division no llega hasta la midad; *hendida* (*folium fissum*), cuando alcanza á la midad; *partida* (*folium partitum*) cuando alcanza hasta la base.

Segun la disposicion de los nervios, la hoja ramificada, es, ó *palmatifida* (*folium palmatifidum*), si está la hoja partida en forma de una palma (v. gr., las de la higuerilla ó palma cristi, Ricinus communis, de las especies de Acer); ó *pinatifida*

(*folium pinnatifidum*), si ella está partida de cada lado en lóbulos profundos.

La hoja *compuesta* (*folium compositum*) se forma, cuando por la division de la lámina se producen una cantidad de láminas aisladas, que, con el nombre de *hojuelas* (*foliola*), quedan unidas por pecíolos particulares. La hoja compuesta puede responder tambien en su forma á una *palma* (*folium palmatim compositum v. folium palmatum*); ó, si existen sobre el pecíolo comun, inmediatamente, hojuelas laterales, la hoja es *pinaticompuesta* (*folium pinnatim compositum v. pinatum*) En el primer caso se llama ella entónces, segun el número de las hojuelas, *trifoliada, cuadrifoliada, quiquefoliada*, etc. (*ternatum, quaternatum, quinatum*, etc.), vr. gr., en la alfalfa, en los tréboles, el castaño de Indias; y si se vuelven á dividir las hojuelas, *biternada* (*biternatum*), etc. En la hoja pinada están las hojuelas parciales ó *pinas* (*pinnae*) puestas á los lados de la prolongacion del pecíolo comun, que es un nervio mediano de la hoja y que se llama *ráquis* (*rhachis*). Cuando esta *ráquis* lleva en su punta una hojuela, entónces se llama la hoja *imparipinada* (*folium imparipinnatum*); pero si no existe esta hojuela en la punta de la *ráquis*, *paripinada* (*folium paripinnatum*) Segun el número de pares de hojuelas, la hoja se llama *biyugada, triyugada*, etc. (*folium bijugum, trijugum*, etc.); si se alternan pinas grandes y pequeñas, unas con otras (v. gr., en la Potentilla anserina), la hoja se llama *pinada con interrupcion* (*folium interrupte pinnatum*). Si la composicion pinada vuelve en grados mas altos, es decir, si las pinas son pinadas, y las pinas secundarias tambien, etc., la hoja se llama bipinada, tripinada, etc. (*folium bipinnatum*; *tripinnatum*). Por medio de la combinacion en la composicion palmada y pinada, se producen formas de hojas muy complicadas, v. gr., en muchas Umbelíferas

Las *estípulas* (*stipulae*) son ramificaciones de la hoja en su insercion: se hallan generalmente de á dos en la base de la hoja: ó son libres (v. gr., en los sauces, guisantes (alberjas ó arvejas en Sud Améri-

ca); ó están unidas, sea con la hoja (v. gr., las de la hoja de las rosas, especies de Rosa), sea una con la otra, en el lado de la hoja, ó en el lado opuesto al punto de insercion de ésta (v. gr., en las especies de Astragalus).

Con el nombre de *lígula* (*ligula*) se llaman las excrecencias en forma de lóbulos en la cara superior (anterior) de las hojas (v. gr., la escamita membranosa en el punto de las hojas de las gramas donde linda la vaina con la lámina; la parte de la flor de las especies de Narcissus, que se llama generalmente *paracorola*, y la cual pertenece tambien á muchas especies de Lychnis).

De un modo semejante á algunos tallos y partes de tallo se transforman tambien hojas y partes de ellas en *zarcillos*, como v. gr., la ráquis con todas las hojuelas ó solo con las supremas de especies de Vicia, Pisum, y géneros aliados.

Ciertas *espinas* son hojas transformadas en cuerpos duros leñosos, como las hojas de las ramas principales de Berberis, en cuyos axilas están dispuestos los ramitos que tienen las hojas normales; las estípulas de Robinia Pseudoacacia (árbol que se llama vulgarmente con el nombre de Acacia), etc.

Es mas raro que se transforme una parte de la hoja *en un cañuto*, ó que tenga forma de copa ó cántaro, como la lámina de Nepenthes.

§ 24. Cada miembro que se forma de una ó algunas células de la epidérmis se llama en el sentido morfológico, PELO; por esto se comprenden bajo este concepto, no solamente los pelos verdaderos, como los hemos descrito arriba (§ 16), sinó tambien muchos órganos de reproduccion, v. gr., los esporangios de los Helechos.

El verdadero carácter morfológico de los *aguijones* (*aculei*) (v. gr., de las especies de Rubus (zarsa mora), de Rosa) los cuales se han considerado bajo el concepto morfológico de pelo, es todavía dudoso;

se distinguen de las *espinas* (*spinae*), por estar dispuestos sin arreglo y porque no son transformaciones de ciertos miembros (tallos ú hojas) de los pelos verdaderos, desde que no se forman solo de la epidérmis, sino de capas interiores que pertenecen á la corteza.

Los *pelos comunes* (*pili*) son, ó *simples* (*pili simplices*), si se forman de una sola célula particular, ó de una prominencia (ramificacion) de una célula de la epidérmis; ó compuestos de una serie de células; son *articuladas* (*pili articulati*), ó *ramificadas* en forma de *estrella* (*pili stellati*); ó son cuerpos largos formados de muchas células (*setae*); ó tienen *glandulas* (*pili glandulosi*). Segun el modo en que los pelos están dispuestos y la cantidad de ellos, se llama una parte de la planta, *pubescente* ó *vellosa* (*pubescens*), que es cuando está cubierta de pelitos cortos, blandos, separados entre sí; *pelosa* ó *peluda* (*pilosa*), si tiene pelos separados, algo largos y tiesos; *hirsuta* (*hirsuta*) si tiene pelos tiesos, derechos, distantes entre sí, pero no punzantes; *pelierizada* (*hirta*), cuando los pelos son tiesos, son punzantes y causan una aspereza desagradable al tacto; y *cerdosa* (*setosa*), si estos pelos son mas largos aun; *vellosa* (*villosa*), si los pelos son mas ó ménos largos, mas ó ménos derechos y forman una cubierta densa en la superficie del órgano respectivo, *lanuda* ó *lanosa* (*lanata, lanuginosa*), si los pelos son largos, toscos, crespos y espesos; *borrosa* ó *afelpada* (*tomentosa*), si los pelos son finos, cortos y entrelazados de modo que no se distinguen uno de otro; *sedosa* (*sericea*), si los pelos son algo largos, postrados, paralelos y brillantes como el raso. Si la parte de una planta carece enteramente de pelos, entónces se llama *lampiña* ó *lisa* (*glabra, calva*).

§ 25. El cuerpo de las plantas inferiores (de las Algas y Hongos y algunos Musgos hepáticos) no deja distinguir la separacion en tallo hojas y raíz; pero se hallan órganos que funcionan, como las raíces de las plantas superiores, alimentando á la planta y

fijándola en el suelo. Tambien se hallan ramificaciones que tienen semejanza con las hojas; no obstante, estos órganos no corresponden á los conceptos arriba expresados. Se llama este cuerpo vegetal *talus (thallus)*.

§ 26. FORMACION DE SISTEMAS DE RAMIFICACION. Si nacen de un miembro otros homogéneos, v. gr., raíces laterales, de una raíz: brotes laterales, de un brote,—entónces se habla de ramificacion. Un miembro con sus ramificaciones se llama un *sistema de ramificacion;* cada parte que se ramifica, es, con relacion á sus ramas laterales, el eje del sistema de ramificacion. Segun la disposicion de las partes de un sistema de ramificacion, se pueden distinguir dos tipos principales:

1. La *dicotomía (dichotomia)* se produce si el fin de un miembro acaba de crecer á lo largo, si inmediatamente al lado del vértice del punto de vegetacion de él se forman dos nuevos puntos de vegetacion, que, por lo ménos al principio, tienen igual actividad. Las dos nuevas ramas se llaman la *bifurcacion,* y el miembro en que están puestas, el *podio (podium) de la bifurcacion.* Cada rama de la bifurcacion puede, naturalmente, formar el podio de una nueva dicotomía. Estas dos ramas de la dicotomía pueden:

a) Seguir desarrollándose con igual fuerza: el sistema de dicotomía forma bifurcaciones (Fig. 40 A); ó

b) Se hace *simpodial,* si en cada bifurcacion una rama se desarrolla con mayor fuerza y se pone mas gruesa que la otra; entónces forman los podios de las sucesivas bifurcaciones, en apariencia, un solo eje, que se llama *simpodio (sympodium),* en que las ramas ménos fuertes y gruesas aparecen como ramas laterales (Fig. 40 B, C). Se forma este simpodio, de todas las ramas del mismo lado, v. gr., de las del la-

do derecho ó de las del lado izquierdo (Fig. 40 B) (tal sistema lleva el nombre de *dicotomía helicóides* y se encuentra, v. gr., en la hoja de Adiantum pedatum); ó este simpodio se compone de bifurcaciones alternadas del lado derecho é izquierdo (Fig. 40 C) (*dicotomía escorpióides*, v. gr., en los brotes de Selaginella).

2. El *sistema monopodial* se produce de modo que el miembro creciente en su direccion primaria, forma, debajo de su vértice, ramas laterales en órden acropetal, de manera que es podio comun á todas las ramas laterales; por esto se llama todo el sistema, *monopodio* (*monopodium*). Cada rama se puede ramificar otra vez de modo monopodial.

El monopodio es, ó

a) *racimoso (monopodium racemosum)*, cuando el eje principal continúa desarrollándose mas fuertemente que todos los laterales, y cada eje lateral tambien está en el mismo estado relativamente á sus ejes laterales de órden mayor (v. gr., troncos y ramas de las Coníferas, hojas de las Umbelíferas y de muchos Helechos; ó

b) *cimoso (monopodium cymosum)*, si cada eje lateral, que es el principio de su desarrollo mas débil, comienza á crecer con mas fuerza, que la parte del eje principal que está encima de la insercion de él, y se ramifica tambien mas que esta parte. Entónces, ó

aa) *no se forma un simpodio*, lo que sucede cuando dos ó algunos ejes laterales se desarrollan en diferentes direcciones con mas fuerza que el eje principal, pero casi igualmente uno y el otro (Fig. 41), miéntras que este último eje concluye luego, de crecer; en cuyo caso el sistema de ramificacion tiene alguna semejanza con una dicotomía, y se llama por esto *dicotomia falsa*, y genéricamente *politomia (polytomia)*, encontrándose ella, v. gr., en la ramificacion de las especies de Valerianella y de Euphorbia;

bb) ó *se forma un simpodio*, si solamente un eje lateral se desarrolla cada vez con mas fuerza, v. gr., en Fig. 42 A el eje lateral 2, mas fuerte que la parte superior del eje principal 1, etc. El desarrollo mayor está indicado en la figura por líneas mas gruesas. Generalmente se pone el simpodio, ántes quebrado de diferentes maneras, derecho (A se alterna en B, Fig. 42). Si el mayor desarrollo se efectúa siempre en los ejes laterales de un mismo lado, entónces se llama el sistema *cima helicoide* ó *bostrix* (*cyma helicoides v. bostryx*) (Fig. 42 D); no obstante, en el caso contrario el sistema se llama *cima escorpioide* ó *concino* (*cyma scorpioides v. concinnus*) (Fig. 42 A. y B.).

§ 27 Posicion de miembros laterales en un eje comun. Una detenida contemplacion demuestra que todos los miembros laterales (sean raíces que nacen de otra raíz, ó brotes que nacen de otros brotes, ú hojas puestas en tallos) revelan, cuando ellos se forman en órden acropetal, un cierto arreglo de disposicion en el *circúito* del órgano primario comun. Las reglas generales de esta reparticion en el circúito, propondrémos al estudiar la disposicion de las hojas, y esto, con mayor razon, cuanto que á esta parte de la morfología—la doctrina de la posicion de la hoja,—se ha dedicado mas atencion.

Como ya hemos mencionado arriba (§ 21), las hojas están, ó algunas *juntas, puestas* en una zona transversal del tallo (en *verticilos*), ó *aisladas* (*disposicion dispersa*). Por medio de un crecimiento desigual de los entrenudos, se puede encontrar,—que hojas al principio aisladas, aparecen puestas casi en la misma altura, formando entónces un *verticilo falso* (v. gr., las hojas superiores en el tallo de la corona imperial, Fritillaria imperialis L).

Para poder estudiar con exactitud la disposicion de las hojas en el circúito del tallo, y para poder expresar fácilmente las proporciones encontradas, se

ha introducido el concepto de la *divergencia* (divergentia): si, por ejemplo, nos imaginamos que dos hojas pendientes en un tallo de modo que la una esté mirando al Norte, y la otra al Este, están ó no puestas en la misma altura, entónces verémos que deben formar sus planicies medianas (es decir, las planicies prolongadas, que parten las hojas simétricamente y están puestas en el punto de insercion y en la punta de la hoja, véase § 23), un ángulo recto: ó en otras palabras: los puntos de insercion de las hojas están entre sí á una distancia de 1[4 del circúito del tallo. La distancia lateral de los puntos de insercion de dos hojas que se suceden inmediatamente en el tiempo de su formacion (ó de dos hojas que están simultáneamente en un verticilo una al lado de la otra), se llama divergencia, y se expresa en quebrados que indican partes del circúito del tallo. En el caso que acabo de mencionar, la divergencia es entónces 1[4: en otros casos ella es 1[2, es decir, las hojas están, sea en la misma ó en diferente altura, puestas frente á frente, v. gr., en las gramas: ó 1[3, v. gr., en las Ciperáceas; 2[5, en las ramas de los sauces y otros árboles, etc. Si se enumeran las hojas (hablamos en primer lugar de las aisladas, puestas en diferente altura, en el circúito del tallo) segun el órden temporario de su nacimiento, y se enumera desde la primera, que es la mas baja, y se va hasta la segunda, despues de la segunda á la tercera, y se continúa numerando en direccion al mismo lado,—entónces se dá vuelta sobre el eje del tallo en una espiral (Fig. 43), la cual espiral toca con todos los puntos de insercion de las hojas, y se llama *espiral genética* ó *fundamental*. Se puede, dando vuelta sobre la superficie del tallo, tomar el camino largo ó corto; es decir: podemos, al dirigirnos, en la Fig. 43 de la hoja 1, á la hoja 2, recorrer, en vez de á la izquierda, como está marcado allí, tambien en direccion á la derecha: se tocarán entónces, igualmente, todos los puntos

de insercion; pero sería menester, para esto, dar mas vueltas al rededor del tallo. Se revela entónces, que muchas veces, al ménos en cierta region del tallo, están dispuestas las hojas sucesivas de modo que se encuentran á la misma distancia una de la otra; es decir, que la espiral continúa en divergencia constante; sin embargo, sucede muchas veces que la divergencia se modifica despues de un cierto número de hojas, en otra, la cual entónces queda á un cierto trecho del tallo constante; ó sucede tambien que ella se alterna siempre despues de cada hoja. Es evidente que si la divergencia es una parte de un quebrado racional—v. gr. 3[8 en la Fig. 43—, es menester, dándose vuelta en la espiral al rededor del tallo, tocar, despues de un cierto número de hojas—en Fig. 43 despues de ocho—, alguna hoja que quede directamente encima de la primera. En la Fig. 43 queda la novena encima de la primera, como igualmente la décima sétima. Estas hojas superpuestas tienen entónces una planicie mediana comun, y forman á lo largo del tallo una serie derecha ú *ortóstica* (*orthosticha*). El número de hojas que contiene la espiral genética hasta que llega á la misma ortóstica, se llama *ciclo (cyclus)*. Así como queda la hoja 9 encima de 1, está superpuesta tambien la hoja 10 en la 2, la 11 en la 3, etc. Se encuentra un número igual de ortósticas al de las hojas que contiene un ciclo, y se le señala por el denominador del quebrado de divergencia.

Todas estas relaciones se pueden expresar muy claramente por medio de *diagramas (diagrammata)* (Fig. 44 y 45), es decir: se dibuja en un plano el tallo pensado de forma de un cono, y se pone cada insercion de hoja, que queda en mayor altura en el tallo, en un círculo concéntrico interior. Las ortósticas aparecen entónces como series radiales.

La Fig. 44 representa un diagrama de un tallo con posicion de hojas en verticilos; se hallan puestas

las hojas, de á cuatro, en la misma altura, es decir, los verticilos tienen cuatro miembros; la divergencia de los miembros de cada verticilo es 1|4; ademas, los verticilos son *alternos*, esto es, cada insercion de hoja queda al medio entre dos puntos de insercion de las hojas de los verticilos mas cercanos y que quedan abajo y arriba. Hay entónces ocho ortósticas. No obstante, si las inserciones de las hojas de un verticilo quedan inmediatamente encima de otro verticilo, de modo que hay solamente un número de ortósticas correspondiente al de los miembros de cada verticilo,—entónces se llaman estos *superpuestos*. Los verticilos de dos miembros, que alternan, se llaman *cruzados* (*decussati*). Las hojas de un verticilo de dos miembros se llaman *opuestas*.

La Fig. 45 es el diagrama de un tallo cuyas hojas están dispersas con la divergencia 3|8 (igualmente las hojas en la Fig. 43). Si se persigue aquí la espiral genética desde la hoja 1 hasta la 2, desde ésta hasta la 3, y desde la 3 hasta la 4, etc., entónces se concibe que ella toca, solo en la tercera ortóstica, una hoja, y que la hoja 9 queda puesta encima de la 1, la 10 encima de la 2, etc., y que la espiral, para alcanzar desde la hoja 9, es decir, para recorrer un ciclo, tiene que dar vuelta en el corto camino tres veces al rededor del tallo. Si se quiere determinar la divergencia constante de las hojas de un brote, se principia desde una hoja que se marca con 0, siguiendo la espiral genética hasta la hoja que queda en direccion recta encima de la hoja 0; entónces el número que esta hoja representa encima de la hoja 0, indica el denominador del quebrado de divergencia, é igualmente el número de ortósticas; el número de las vueltas de la espiral genética, dentro de este ciclo, expresa el numerador.

No obstante, si las hojas están muy densamente puestas, es decir, una muy cerca de la otra, y las ortósticas son muy numerosas (v. gr., las hojas de las

rosetas de Sempervivum, las escamas de las piñas, las de las cabezuelas de Mirasol), naturalmente no es fácil descubrir la espiral genética; pero se marcan entónces otras espirales que se llaman *parásticas* (*parasticha*) y que pueden tambien hacerse visibles en una disposicion de hojas mas sencilla, ó descubrirse por medio de construcciones geométricas, v. gr. en la Fig. 43 y 45, una línea que une las hojas 3, 6, 9, 12; 15. Por medio de una arteria geométrica y de las parásticas, se puede averiguar el tamaño de la divergencia y la espiral fundamental.

Las divergencias mas frecuentes son las siguientes:

1[2, 1[3, 2[5, 3[8, 5[13, 8[21, 13[34 . . . .

Esta serie se puede imprimir fácilmente en la memoria, porque, como se vé, el numerador de cada quebrado es la suma de los numeradores de los dos quebrados anteriores, como así mismo el denominador la suma de los dos denominadores anteriores. Sin embargo, hay divergencias que no están incluidas en esta serie, v. gr., 1[4, 2[7, 2[9 y otras mas. En un crecido número de casos no es posible construir una espiral genética, v. gr., en Salvinia, Marsilia; y á veces en el caso de que se pueda construir una espiral genética, la divergencia se altera tantas veces, que no se ven las ortósticas (v. gr., en el tallo de Fritillaria). Entónces la doctrina de la disposicion de hojas, arriba expuesta, no es nada mas que un modo apropósito para contemplar y señalar en muchos casos, brevemente, las relaciones de la disposicion, pero de ningun modo la expresion de una ley válida de la naturaleza.

SEGUNDA PARTE.

LOS PROCESOS VITALES EN LA PLANTA.

FISIOLOGÍA.

CAPÍTULO PRIMERO.

PROCESOS QUÍMICOS EN LA PLANTA.

§ 28. LAS MATERIAS ELEMENTALES EN LA ALIS MENTACION DE LAS PLANTAS.—Todas las partícula- vivientes de las plantas contienen una gran cantidad de agua; pues no solamente forma el elemento principal de la savia celular, sino que es embebida tambien por las membranas y el protoplasma, y en ge neral por todas las formaciones organizadas; es una de las calidades mas eminentes de estas formaciones organizadas, el que entre las partículas mas pequeñas de su sustancia estén alojadas partículas de agua.

Si se calienta una parte de la planta á una temperatura de 100 hasta 110 centígrados, se separa toda el agua contenida en ella, y de este modo pierde naturalmente de su peso. Ésta pérdida de peso, ó lo que es lo mismo, la cantidad de agua. es muy variada en las diferentes partes de la planta. Semillas maduras, secadas al aire, contienen, por ejemplo, 12 — 15 por ciento de agua; plantas herbaceas 60 — 80 por ciento, y algunas plantas acuaticas y hon-

gos, llegan á tener hasta un 95 por ciento, de agua de su peso total.

Aquella sustancia que con un calor de 100 centígrados, ó mas, no separa agua, que es la sustancia seca, se compone de un crecido número de materias, de combinaciones químicas. Una parte de éstas son *orgánicas,* es decir, combinaciones de carbon con otros elementos; otra parte son *anorgánicas.* Todas las materias orgánicas que aparecen en la planta viva, contienen hidrógeno (con excepcion de las sales oxálicas). Miéntras que unos pocos, como algunos aceites grasosos, se componen únicamente de estos dos elementos, se encuentra á mas, el oxígeno en la celulosa, en el almidon y en la azúcar, tan sumamente frecuentes, así como en los ácidos y en muchos aceites. Las albúminas consisten de carbono, hidrógeno, oxígeno, azoe y azufre. En otros cuerpos azoados, como en la asparagina y en muchos alcalóides, se nota la falta del azufre, y là nicotina tampoco contiene oxígeno.

Bajo la impresion de un calor muy fuerte, y sujetos á la influencia del aire, es decir, al quemarlas, se transforman las combinaciones orgánicas en productos volátiles, que son en parte ácido carbónico, agua y amoníaco. Las combinaciones inorgánicas quedan bajo la forma de un polvo blanco ó (si la combustion no es perfecta) gris: la ceniza.

Por procesos químicos durante la combustion se introduce el azufre de las combinaciones orgánicas con el ácido sulfúrico, en la ceniza. El ácido carbónico producido por la combustion se combina tambien con algunas materias inorgánicas, y, por consiguiente, no se debe tomar en cuenta al dar un cuadro exacto de la combinacion de la ceniza.

La ceniza representa en general solamente unos pocos por ciento de la sustancia seca. Un cuadro de su cantidad y composicion nos dan las siguientes análisis de diferentes partículas de plantas.

Mil partes de la sustancia seca contienen:

	ceniza	óxido de potasio ó kali	óxido de sodio ó soda	óxido de calcio ó cal	óxido de magnesio ó magnesia	óxido de fierro	ácido fosfórico	ácido sulfúrico	ácido silícico	cloro
Trifolio de prado en flor	68 3	21.96	1.39	24.06	7.44	0.72	6.74	2.06	1.62	2.66
Granos de trigo	19.7	6.14	0.44	0.66	2.36	0.26	9.26	0.07	0.42	0.04
Paja de trigo	53.7	7.33	0.74	3.09	1.33	0.33	2.58	1.32	36.25	0.90
Tubérculos de papas	37.7	22.76	0.99	0.97	1.77	0.45	6.53	2.45	0.80	1.17
Manzanas	14.4	5.14	3.76	0.59	1.26	0.30	1.96	0.88	0.62	—
Semillas de alberja	27.3	11.41	2.26	1.36	2.17	0.16	9.95	0.95	0 24	0.42

Estos elementos de ceniza son una mezcla casual: consta por experimentos hechos, que algunas sustancias inorgánicas son absolutamente necesarias para la vida de la planta. Aquellos elementos que necesita la planta para su alimentacion y que, por consiguiente, se deben considerar como elementos alimenticios, son:

I. Los elementos de las combinaciones orgánicas: *carbono, hidrógeno, oxígeno, azoe, azufre.*

II. Los elementos de las combinaciones anorgánicas: *fósforo, cloro, potasio* (*kalium*), *calcio, magnesio, fierro.*

En muchas cenizas vegetales se encuentran ademas, sin ninguna importancia para la alimentacion: *sodio* (*natrium*), *litio, manganeso, silicio, iodo, bromo,* y tambien, aunque raras veces, *cobre, zinc, cobalto, níquel, estroncio, bario, aluminio.*

Parece que el *flúor* tambien existe en el reino vegetal, porque se encuentra en regular cantidad en la sustancia dental de los animales que se alimentan directa ó indirectamente de plantas.

§ 29. Absorcion del carbono (asimilacion).— El elemento del que las plantas que contienen clorofilo extraen su carbono, es únicamente el ácido carbónico del aire atmosférico (ó, para las plantas acuáticas, tambien el ácido carbónico contenido en el agua), que las células de clorofilo descomponen bajo la influencia de la luz. Si se expone una planta acuática (p. ej. una hoja cortada del Potamogeton natans, ó un pedazo de mata de la Elodea canadensis), en agua carbonada, á la luz del sol, se notará pronto, que del corte de la mata ó del pecíolo de la hoja suben con intérvalos iguales globulitos de gas, que consisten de oxígeno; pues el ácido carbónico se descompone en los granos de clorofilo, de tal modo, que una parte de su oxígeno vuelve á la atmósfera, miéntras que el resto forma con los elementos del agua combinaciones orgánicas que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque el último se halla en una cantidad mas pequeña que en el ácido carbónico ($C\ O_2$). Casi todas las materias alimenticias de las plantas son combinaciones muy ricas de oxígeno, y hasta se puede decir, que contienen la mayor cantidad posible de este elemento. Por el contrario, son todas las materias producidas en la planta, pobres de oxígeno, y una parte carece enteramente de él. De aquí resulta, como consecuencia necesaria, que en la alimentacion de las plantas se deben segregar grandes cantidades de oxígeno.

La primera combinacion orgánica que podemos dar á conocer, como producto de la asimilacion, es en la mayor parte de las plantas el almidon ($C_6\ H_{10}\ O_5$), que, bajo la forma de pequeños granitos, aparece en los granos de clorofilo; raras veces se encuentra en su lugar azúcar ó aceite grasoso. A mas de una cierta temperatura, es indispensable la cooperacion de la luz para este proceso; en la oscuridad no se aparta el oxígeno, ni tampoco se observa

la formacion del almidon en los granos de clorofilo; de los diferentes rayos de que se compone la luz blanca solar, los ménos desviados, principalmente los amarillos, son los de mayor efecto. Los órganos de las plantas para la asimilacion, son las partes ricas de clorofilo, principalmente las hojas.

Solamente por este camino asimilan las plantas verdes el carbono. Fuera de este proceso, no conocemos en la naturaleza ninguna transformacion del ácido carbónico en compuestos orgánicos que contengan ménos oxígeno que él; por consiguiente, tiene todo el carbono, tambien el de las combinaciones orgánicas del cuerpo animal, su orígen en el ácido carbónico descompuesto en los granos de clorofilo.

Algunas plantas que carecen de clorofilo, á saber, todos los hongos y algunas plantas de órden superior, como la Cuscuta, Orobanche y Monotropa, no pueden descomponer el ácido carbónico á causa de esta falta, y toman, con tal motivo, las combinaciones orgánicas directamente de otras plantas vivientes (es decir, son parásitas), ó las sacan de restos muertos de otros organismos.

§ 30. Cambio de sustancia. Las sustancias formadas por la asimilacion en los granos de clorofilo, así como hemos visto el almidon en el mayor número de plantas, son el material con que se efectúa la formacion de todas las otras materias orgánicas en la planta; esto se hace bajo la cooperacion de las combinaciones nitrogenosas extraidas de la tierra, de partículas de minerales y del oxígeno atmosférico. El almidon (ó las materias equivalentes) vuelve á descomponerse continuamente saliendo de los granos de clorofilo; en la planta sana, criada normalmente bajo la influencia de la luz, escede la produccion al consumo: por esta razon se encuentra almidon regularmente en los granos de clorofilo; pero si la planta se traslada á un lugar oscuro, disminu-

yen poco á poco los granitos de almidon hasta que desaparecen por completo.

De las materias que se producen en la planta, son de importancia eminente aquellas de las cuales se forma la sustancia de las membranas y del protoplasma: ellas son consideradas como el *material fundamental.*

Las membranas consisten de celulosa, que tiene la composicion $C_6 H_{10} O_5$; el exámen ha demostrado, que almidon, azúcar, inulina (que tienen una composicion parecida) y las grasas, suministran el material para la formacion de la celulosa. Por consiguiente, son el material fundamental de las membranas.

El protoplasma se compone esencialmente de materias albuminosas. Todas ellas contienen azoe y azufre; materias albuminosas y otras combinaciones nitrogenosas, como, p. ej., la asparagina, son el material fundamental para el protoplasma y para las formaciones pertenecientes á él, como son los granos de clorofilo.

El material fundamental producido inmediatamente por la asimilacion, se consume en general en otras partes, ó, á lo ménos, en otro tiempo; por eso es depositado provisoriamente; á veces tambien es acumulado por mas tiempo en órganos especiales, y entónces se llama material de reserva. Órganos de esta clase (depósitos de *material de reserva)* son todas las semillas, que contienen tambien, casi siempre, á mas del gérmen, los alimentos necesarios para su primer desarrollo, y son ademas los tubérculos y las raíces gruesas (como papas, patatas, tubérculos de dalia, nabos), y en general, las partes perdurables de plantas perennes, que son en las matas (plantas perennes) rizomas, en los árboles y arbustos ciertos tejidos de las ramas y del tronco, y en las plantas siempre verdes tambien las mismas hojas.

La papa, por ejemplo, contiene grandes cantidades de almidon (fécula); si sus yemas principian á brotar

y echar estolones, desaparece el almidon á medida que se forman nuevas membranas celulares; de la misma manera se consume el almidon de las semillas de trigo, el azúcar de la remolacha, la inulina de los tubérculos de la dalia; el aceite de las semillas de la colsa, de la calabaza y del jirasol (ó mirasol) para formar las membranas de la nueva planta.

Ciertas capas de células, principalmente de las de los rayos medulares de los árboles, contienen en el invierno mucho almidon, el cual se descompone y consume conforme crecen en la primavera los nuevos brotes. Tambien se halla la misma celulosa como material de reserva en las semillas del dátil y de otras palmas. Los fuertes engrosamientos de las células del endospermo se deshacen durante la germinacion y sirven para el desarrollo del jérmen.

Bajo la forma de los granos de proteina (§ 6) están depositadas las materias albuminosas como material de reserva en las semillas.

Si las semillas ó yemas de otros depósitos de material de reserva, como las papas, etc., se hacen germinar en la oscuridad, no puede tener lugar ninguna asimilacion, y todas las nuevas formaciones de células se hacen á expensas del material de reserva. El grado de desarrollo, que puede conseguir una planta sin luz, depende de la cantidad de los alimentos de reserva, que es diferente segun la clase de la planta. Del pequeño grano de tabaco, por ejemplo, se cria en la oscuridad solamente una planta muy chica, miéntras que la papa y la remolacha pueden alimentar plantas potentes.

El material fundamental, depositado como alimento de reserva, pasa por una serie de transformaciones ántes de llegar á su destino final, que es la celulosa ó las materias albuminosas del protoplasma. El material fundamental de las membranas, ya sea depositado como almidon, azúcar comun, inulina,

aceite grasoso ó celulosa, siempre se trasforma, por una parte, en azúcar de uvas (glucosa), cuya disolucion es conducida en las células del parénquima mediante la difusion por los puntos del consumo: los lugares de formacion de nuevas células; muchas veces se efectúa tambien en los tejidos conductores, principalmente en las vainas de los hacecillos, una *formacion transitoria* de almidon.

Los productos medianeros de las materias albuminosas de reserva son poco conocidos; una gran parte de ellos se encuentra en las células estiradas y sutiles del floema; en algunas plantas aparece como producto medianero la asparagina, que se conduce por los tejidos del parénquima.

Del mismo modo como el almidon de los depósitos del material de reserva, se remite el almidon de los granos de clorofilo á los lugares de consumo; una parte de él se emplea inmediamente para el desarrollo de órganos nuevos, y la otra se trasforma en una de las materias arriba mencionadas para ser conservadas en los depósitos del material de reserva.

Se halla en las plantas, ademas, un gran número de otras combinaciones carbónicas, que no están en relacion inmediata con la construccion de las células nuevas; ellas son los productos *secundarios* del cambio de materia; una parte de estos productos son los necesarios para la descomposicion y trasformacion del material fundamental, y la otra parte desempeña funciones hasta ahora todavía desconocidas. Productos secundarios son: tanino (y los ácidos aliados), colores, ácidos, alcalóides, aceites volátiles, etc. Ellos se forman tambien del material de reserva, que, por consiguiente, nunca se emplea enteramente en la construccion de órganos nuevos.

Las últimas combinaciones, por fin, del cambio de materia son los productos de *degradacion*, que, sin experimentar ningun otro empleo en el organismo, nacen de los constitutivos organizados. A esta cla-

se pertenecen la mayor parte de las especies de goma; el tragacanto, por ejemplo, que es segregado por algunas especies de Astragalus, deja conocer todavía la organizacion de las membranas, que, no obstante, se han hecho muy disolubles; la goma de cereza es un resultado de la liquefaccion de membranas, pero no se disuelve en el agua; la goma arábiga, por fin, que emana de las acacias, consiste de membranas, cambiadas hasta tal punto, que realmente es soluble en agua.

§ 31. El orígen y significado de las otras materias alimenticias.—Todas las materias alimenticias, con excepcion del ácido carbónico, son extraidas del suelo.

El *hidrógeno* para combinaciones orgánicas se gana por la descomposicion del agua, que se halla en todas las partículas de la planta y que se recibe continuamente del suelo.

El *azoe,* que forma un elemento esencial de las materias albuminosas, no se asimila libremente; aunque se encuentra con abundancia en la atmósfera, perece, no obstante, la planta cuyo suelo no contiene combinaciones azoadas. Los nitratos y las combinaciones amoniacales son compuestos del azoe, generalmente difundidos en el suelo y accesibles á las plantas.

El *azufre* es un constitutivo de las materias albuminóides y de algunas otras materias vegetales (como del aceite de mostaza); se saca de los sulfatos del suelo; probablemente se relaciona con eso la cristalizacion del oxalato de cal. El sulfato de cal, recibido del suelo, se descompone por el ácido oxálico; y segregado el oxalato de cal insoluble, sigue el ácido sulfúrico su descomposicion.

El *fósforo* es un constitutivo del ácido fosfórico, que debe tener relacion íntima con las materias albuminóides, porque siempre se encuentran acompa-

ñados el uno de las otras; los fosfatos forman un elemento principal de la ceniza de las semillas.

El *fierro*, aunque se encuentra solamente en pequeñas cantidades, es absolutamente necesario para la formacion del clorofilo, y por consiguiente, tambien para la asimilacion. Plantas que se crian cuidadosamente sin fierro, forman hojas blancas despues de haber agotado su propia provision de fierro. Estas hojas llamadas *cloróticas*, obtienen su color verde inmediatamente de haberse efectuado la formacion del clorofilo, si se añade fierro á la tierra, ó si se unta su superficie con una disolucion muy sutil de este metal.

El *potasio (kalium)* se halla en la forma de sales alcalinas de ácidos orgánicos, como ácido tartárico, paratartárico y oxálico. La asimilacion en los granos de clorofilo no tiene lugar sin que el suelo contenga potasio; á mas, parece que las sales alcalinas están en relacion con el material fundamental de las membranas, porque se encuentran principalmente en aquellas partes de la planta, que son ricas de almidon, azúcar y otras materias semejantes, como las papas, remolachas y uvas.

Consta—que *calcio* y *magnesio* son necesarios para el desarrollo normal; pero no conocemos sus funciones exactamente. Se hallan como sales de cal y magnesia, con ácidos orgánicos y anorgánicos.

La indispensabilidad del *cloro* está probada hasta ahora por experimentos hechos solamente para una planta: el trigo morisco (Polygonum Fagopyrum).

Mediante ensayos hechos, de vegetacion, hemos llegado á la conviccion de que—se puede alimentar una planta perfectamente presentándola bajo una forma adecuada todas las materias elementales consideradas hasta el presente como exigibles. Esto se puede hacer, por ejemplo, con las combinaciones siguientes:

1	2
nitrato de cal	nitrato de cal
nitrato de potasio	nitrato de amoniaco

hipofosfato de potasio	sulfato de potasio
sulfato de magnesia	fosfato de magnesia
fosfato de hierro	sesquicloruro de fierro.
cloruro de sodio.	

En cada una de las dos combinaciones, así como en otras, tambien posibles, de los mismos ácidos y de la misma base, se encuentran todos los elementos necesarios bajo una forma conveniente.

§ 32. Los constitutivos de ceniza, que no son esenciales.—El *ácido silícico,* que, como es sabido, se compone de silicio y oxígeno, se distingue de los constitutivos de ceniza, hasta ahora mencionados, no solamente por el hecho de que aparece algunas veces en grandes y otras en pequeñas cantidades, sinó tambien porque se acumula en los órganos tan solo en una edad mas avanzada: de aquí resulta, que difícilmente puede ser relacionado con los procesos químicos de la alimentacion. A mas, se ha conseguido un desarrollo aparentemente normal en las plantas que suelen tener mucho ácido silícico, sin que puedan recojer el elemento aludido.

Iodo y *bromo* se hallan en muchas plantas marítimas, principalmente en las Algas; pero no se sabe si son de importancia para la vida de estas plantas.

El *sodio (natrium),* tan generalmente difundido, se encuentra tambien en la planta.

El *litio* se nota en algunas cenizas de plantas, y mas frecuentemente en las de algunas especies de tabaco.

Zinc, cobre y los demas metales, aunque por lo general no aparecen en las cenizas vegetales, se recogen, no obstante, por plantas que se crian en un suelo rico de ellos; y de aquí resulta que las plantas deben ser capaces de apropiarse materias que no son indispensables para su prosperidad.

§ 33. Absorcion de las materias alimenticias

DEL SUELO.—Fuera de las plantas acuáticas flotantes, como por ejemplo, Utricularia, ciertas especies de Potamogéton, que reciben todos sus alimentos (tambien el ácido carbónico) del agua que las rodea, crecen la mayor parte de las plantas en suelo húmedo, ó en suelo seco poroso, que les proporciona sus alimentos con excepcion del ácido carbónico. Esta operacion se hace por medio de las raíces, ó, en las plantas que no las tienen, por pelos, rizomas, ó ramos de talus. Las partes de la raíz que se pone en contacto con el suelo y su agua adherente, son las células de la epidérmis y sus pelos. Algunas materias alimenticias están disueltas en el agua y llegan directamente, por la difusion, á las células de la raíz; otras se descomponen por la savia ácida que contienen las células de la raíz y sus membranas, y entran en la planta como sales de ácidos orgánicos. Si se dejan crecer raíces encima de planchas pulidas de mármol, se descompone el carbonato de cal en las partes que están en contacto inmediato con las raíces, y se obtiene de este modo en la plancha una estampa del sistema entero de la raíz. Un tercer grupo de materias alimenticias se retiene en el suelo, de una manera tan particular, que, aunque no puedan sacarse de él por medio de disolucion en agua, se recogen directamente por la planta. De estas materias se dice que están *absorbidas* en el suelo. La absorcion de ellas y de las otras materias en forma expresa, se facilita á la planta principalmente por la circunstancia de que los pelos de la raíz están unidos á las partículas del suelo de la manera mas íntima. Al arrancar del suelo una planta de vigorosa vegetacion, se puede observar, que las partes peludas de la raíz (no se habla de las puntas ni de las partes mas antiguas), están envueltas estrechamente en partículas de tierra, las cuales, solamente rompiendo los pelos se pueden separar.

Por razon de que plantas que se han criado,

puestas en un mismo suelo, ó tambien en la misma agua, tienen diferente composicion de ceniza unas de otras, y diferente tambien de la composicion de la tierra, se ha concluido—que á la planta pertenece una facultad de eleccion de recoger ciertas materias con predileccion y de dejar otras. Pero esta circunstancia se deja explicar simplemente por las leyes conocidas de la difusion.

Una materia, disuelta en el agua en las inmediaciones de una planta, se difundirá en las células de la raíz, hasta que se establezca el equilibrio entre los líquidos de ambas. Si la materia no se consume en la planta, es decir, si no se cambia, quedará establecido el equilibrio correspondiente, y ninguna absorcion nueva tendrá lugar; pero si se consume ella en la planta, es decir, si se cambia, ya no existe como tal en la planta y se difundirán continuamente nuevas cantidades. El consumo es diferente para las diferentes especies de plantas, y así se explica la variacion en la composicion de ceniza de plantas que se han criado juntas en un mismo suelo.

La indispensabilidad de ciertos constituyentes de ceniza para la planta es un hecho que ha adquirido grande importancia para la agricultura. Todos los constituyentes de ceniza y las combinaciones nitrogenosas se retiran de los campos anualmente en grandes cantidades por la cosecha. Aquellos que no abundan en el suelo, como ácido fosfórico, óxido de potasio y las combinaciones nitrogenosas, deben ser reemplazados, y esta compensacion es el fin del abono de la tierra.

§ 34. El oxígeno: respiracion.—Por el proceso de la alimentacion se introducen continuamente grandes cantidades de combinaciones oxígenas en la planta; y como las materias asimiladas de estas combinaciones son pobres de oxígeno, se segrega durante la asimilacion una gran parte de este elemento contenido en los compuestos y despedido de

la planta. En contraposicion de este proceso, que tiene lugar exclusivamente en las células que contienen clorofilo; y bajo la influencia de la luz, absorben todas las partes de la planta, y en todo tiempo, oxígeno de la atmósfera, para despedir en cambio ácido carbónico. Este proceso es la *respiracion,* y se debe distinguir estrictamente del proceso contrario, la asimilacion. El hecho de que la planta que por la asimilacion descompone ácido carbónico, y que, por el contrario, lo produce por la respiracion, y la cual, no obstante, crece en peso y acumula compuestos de carbono,—se explica simplemente por la razon de que la respiracion de la planta es muy débil, miéntras que la asimilacion bajo circunstancias favorables es muy productiva. Plantas que crecen sin luz y que, por consiguiente, son privadas de la facultad de asimilar, deben necesariamente perder del peso de su sustancia seca, y perecerán finalmente por falta de materia, Cuanto mas vigoroso es el desarrollo, tanto mas enérgica es la respiracion. Ella es absolutamente necesaria para la vida de la planta; en una atmósfera sin oxígeno se suspenden los procesos de vida; los movimientos del protoplasma se paran; la irritabilidad de hojas movibles (como de la Mimosa, Oxalis § 45) cesa, y muere al fin toda planta.

La respiracion hace ganar fuerza y prepara nuevos procesos químicos.

Como en todos los procesos de oxidacion, se produce tambien en la planta, por medio de la respiracion, calor; pero como el enfriamiento de aquella es favorecido por otros factores, no se nota generalmente la subida de la temperatura. Solamente se hace conocer en algunos casos donde la respiracion es muy activa y el enfriamiento muy dificultoso, como en la germinacion de semillas que están amontonadas estrechamente. Esto sucede, por ejemplo, en la fabricacion de la malta, donde se pone la ce-

bada á germinar por la humedad y el calor, para transformar el almidon en azúcar. El calor producido por este proceso es notable. En algunas flores de Aroídeas se ha observado que su calor propio ha excedido de 4—5 centígrados, y hasta de 10 centígrados la temperatura de la atmósfera.

Por aparatos hechos al propósito (véase fig. 46) se puede probar fácilmente este calentamiento propio tambien en otras flores y en semillas germinantes.

La *fosforescencia* por fin, que se ha constatado con seguridad solamente en algunos pocos casos, en plantas vivas, como en algunas especies de hongos (por ejemplo Agaricus olearius, que crece en la Provenza), está relacionada con la absorcion del oxígeno. Ella tiene lugar solamente, miéntras que el hongo vive rodeado de una atmósfera oxigenada. Los datos antiguos sobre fosforescencia de ciertas flores no se han confirmado.

CAPÍTULO SEGUNDO.

Los movimientos del agua y de los gases en la planta.

§ 35. El movimiento lento del agua en los procesos de crecimiento y alimentacion.—Un tubérculo de papa entallece con una temperatura suficiente, aunque se conserva en un lugar seco. En la misma medida que el brote crece, se relaja y arruga el tubérculo del lado opuesto. Las partes posteriores pierden de su agua. Esta agua sirve no solamente para disolver las materias alimenticias y para conducirlas á la punta de los brotes crecientes, sino que se consume tambien en los mismos brotes para su desarrollo; las membranas celulares crecien-

tes, se forman, no solamente de partículas sólidas de celulosa, sinó que tambien alojan agua; el espacio destinado para la savia se agranda. El agua necesaria para estos procesos de desarrollo se extrae paulatinamente de las partes colocadas hácia atras, que, consecuentemente, se deben marchitar, si el tubérculo se conserva en un lugar seco; pero si está en tierra húmeda, absorbe agua de los cuerpos que lo rodean, y esta agua se conduce con los alimentos á las partes que están criándose. Del mismo modo se proporciona el agua á los brotes de los árboles y á los puntos de vegetacion de plantas germinantes, y en general á todas las partes crecientes de las plantas. Primeramente se consume el agua de las partes mas antiguas, y luego de las inmediaciones.

Esta agua pasa lentamente de célula á célula, porque el agua afluye de los tejidos celulares lejanos á medida que por el consumo de las células crecientes se altera el equilibrio en la cantidad de agua de las células cercanas.

§ 36. La traspiracion. —Todos los cuerpos vegetales, expuestos al aire, traspiran continuamente agua hácia la atmósfera, cuando no están cubiertos con gruesas capas de corcho.

Si se pone un tallo con hojas, bajo una bomba de vidrio, se pegan en ésta gotitas de agua, que se condensan del vapor de agua traspirado por la planta. Naturalmente, es la traspiracion tanto mas abundante, cuanto mas subida es la temperatura y cuanto mas seco el aire que rodea á la planta. La pérdida de agua se recompensa por otras cantidades de agua, que son recogidas del suelo por la raíz y remitidas á las partes traspirantes; sucede en dias de calor excesivo, que las hojas de los árboles, y los tallos, evaporan mas agua que la que les puede ser proporcionada por la raíz; entónces se marchitan y arrugan. Como es sabido, se marchitan las partes cortadas de plantas. Segun la organiza-

cion de la planta y de sus diferentes partes, varía la abundancia de la traspiracion. Los troncos de la mayor parte de los árboles están defendidos de ella casi enteramente por espesas capas de corcho.

Insignificante es la traspiracion de aquellos troncos y hojas que están revestidos con una gruesa cutícula, como las hojas de las pitas (especies de Agave), los troncos de las Cácteas (pencas y cardones) y de plantas semejantes, que, cortadas, se marchitan solamente despues de algun tiempo, y se crian tambien en un suelo normalmente seco. Hojas tiernas con cutícula poco desarrollada, como las del tabaco y las de la calabaza, se marchitan inmediatamente que son separadas de la planta, y no prosperan en suelo seco.

Los estomas funcionan en la traspiracion sirviendo como boca de los intersticios celulares, porque la traspiracion tambien tiene lugar dentro de los tejidos de las paredes celulares que rodean los intersticios: de este modo sale el vapor, del agua, por medio de los estomas.

§ 37. El movimiento de agua en la madera. —El agua segregada por la evaporacion. se remite en el cuerpo leñoso desde la raíz hasta las partes traspirantes. Se le puede quitar á un tronco de árbol un cerco de la corteza, de modo que la conduccion del agua en ella quede interrumpida; pero miéntras la leña se conserva intacta, no se marchitan las hojas: el agua llega todavía á éstas. Si se pone una rama cortada en una solucion de color, por ejemplo de anilina, el color sube con el agua, en la leña. Como prueba de que la conduccion del agua se hace por medio de las células endurecidas del xilema, puede servir el hecho—que plantas acuáticas sumerjidas, que, naturalmente, no pueden traspirar, carecen tambien de los elementos leñosos en el xilema. Ahora, llegado el caso de que las células leñosas contengan aire, precisamente en el tiempo en

que la traspiracion es mas activa, á saber, en el verano; por consiguiente, pasa el agua, no por el interior, sino por las paredes de las células, ó quizá por su superficie. Los tallos cortados de muchas plantas de fuerte traspiracion se marchitan muy fácilmente, y puestos en agua, la chupan con mucha dificultad. Esto sucede, porque la facultad de conduccion se interrumpe en la superficie cortada al cortar un tallo leñoso con admision del aire; pero el agua vuelve á subir luego que se corta el cabo inferior bajo del agua, y así ganan nueva vida las partes superiores. Semejante resultado se consigue haciendo entrar el agua en el tallo por presion.

El agua que sube en las paredes celulares leñosas en recompensa de la pérdida originada por la traspiracion, es absorbida del suelo por la raíz; de su actividad depende, por consiguiente, tambien, la recompensacion. Si, por ejemplo, el suelo se enfria demasiado, queda con este motivo la actividad de la raíz paralizada y la planta se marchita; una planta recien traspuesta, queda igualmente por algun tiempo marchitada, porque la raíz recobra su facultad de absorcion recien cuando sus partes peludas han vuelto á unirse íntimamente con las partículas del suelo.

Las hojas y los tallos no pueden embeber vapor de agua de la atmósfera húmeda, ni agua líquida durante el riego. Aunque se puede observar muchas veces, que plantas marchitadas ganan nuevo vigor en noches húmedas, ó cuando las riegan el rocío y la lluvia; resulta esto, no obstante, solamente por la circunstancia de que por una parte la traspiracion disminuye en una atmósfera húmeda; y por otra, la absorcion de agua del suelo humedecido aumenta.

§ 38. La presion de la raíz.—Es una experiencia conocida—que los sarmientos de las parras

suelen desangrarse en la primavera en consecuencia de la poda, es decir, que destilan agua por la superficie cortada. Un exámen mas minucioso nos demuestra que esta agua emana principalmente de las aberturas de los grandes vasos. Una sangría parecida tiene lugar en algunos árboles, como la bétula y el arce, y en todas las matas de vigorosa vegetacion, que forman leña y que están provistas de fuertes resistencias en las raíces. Al cortar una planta de girasol ó de tabaco algunos centímetros encima del suelo, se observará que, despues de algun tiempo, principia el efluvio de savia en la cortadura; y si ésta queda protejida de la evaporacion, sigue el efluvio aun durante algunos dias. Esta agua se recoge por las raíces, del suelo, y se remite á la planta por medio de una presion tan fuerte, que se necesita á veces una columna de azogue de regular altura para tener esta presion de la raíz en equilibrio.

Algunas veces se nota tambien la presion de la raíz por una separacion de agua en ciertas partes de la planta, como por ejemplo, en la punta de las hojas de muchas Aroídeas. Con singular hermosura se muestra este fenómeno en los dientes de las hojas de la Alchemilla vulgaris, donde se puede observar esta particularidad casi todas las mañanas; pero generalmente se confunde con el rocío.

La formacion de gotas se suspende en los puntos indicados, cuando el aire está seco, porque el agua subida por la presion se evapora inmediatamente.

El agua que sube en las yerbas por la presion de la raíz, contiene por lo general solamente algunas sales en solucion; pero en los sarmientos de las parras y en algunos otros árboles, se encuentran tambien sustancias orgánicas y principalmente azúcar.

Este movimiento de agua en consecuencia de la presion de la raíz, tiene lugar principalmente en la pri-

mavera y en general durante el tiempo de la vegetacion mas vigorosa. Del tronco de plantas que ántes de cortarlas han traspirado mucho, no sale el agua inmediatamente, sino despues de un cierto tiempo, cuando la raíz ha podido absorber de nuevo agua del suelo. Esto prueba, que en plantas que están traspirando abundantemente, puede quedar suspendida por completo la presion de la raíz, y ella, por consiguiente, no coopera á la compensacion de la pérdida de agua causada por la traspiracion.

Al pasar una revista de los procesos arriba descritos, tendrémos que distinguir tres diferentes clases de movimientos de agua en la planta viva. Dos de estos movimientos se hacen por medio de una especie de absorcion (chupadura) que tiene lugar desde los puntos de consumo, á saber: el movimiento lento del agua durante los procesos de desarrollo, y la conduccion de agua en la leña, que sirve para abonar la pérdida sufrida por la traspiracion. El tercer movimiento, por fin, se origina por una presion desde la raíz, independientemente del consumo. Naturalmente, se debe suponer que en este proceso tiene lugar una absorcion desde la superficie de la raíz; pero el interior del tejido está organizado de modo que el agua chupada se puede hacer subir por la presion.

Las células leñosas contienen en el invierno agua, y entre ellas globulitos de aire, cuya cantidad varía. Así se explica cómo de árboles que se barrenan en el invierno, ó al principio de la primavera, sale agua: esto sucede á causa de la dilatacion de esos globulitos de aire, y cuando la temperatura sube; y al contrario, hay absorcion de agua, por la contraccion del aire, cuando la temperatura baja.

§ 39. El movimiento del gas en la planta.— Hemos visto que todas las células absorben oxígeno, y que aquellas que contienen clorofilo, consumen tambien ácido carbónico. Para llegar al interior de

las células estos gases, tienen que penetrar por las membranas, y tal operacion se efectúa por medio de la difusion. El agua contenida en las membranas los absorbe y los conduce al punto donde deben ser consumidos. Del mismo modo salen tambien de las células, por difusion, á la atmósfera, los gases separados en estos procesos,—el oxígeno en la asimilacion; el ácido carbónico en la respiracion.

A mas de estos movimientos de difusion, tienen lugar tambien, en las plantas, movimientos generales de gases unidos, porque por el interior del cuerpo vegetal se extienden generalmente canales que sirven para la conduccion del aire. Estos son los intersticios entre las células, los vasos (á lo ménos en verano) y los huecos causados por algun rompimiento, como en los tallos de las Gramíneas, de las Umbelíferas, etc.

Todos estos canales tienen comunicacion unos con otros, y en las plantas de tierra se comunican tambien, mediante los estomas, con la atmósfera. El siguiente experimento puede servir de prueba de lo que dejo explicado. Coloquemos una hoja que contiene muchos estomas, en la cámara de nuestra boca, de modo que esté herméticamente ajustada por los labios, y que el peciolo salga. Si se sopla la hoja así colocada, se impregnará de aire, el cual saldrá en forma de globulitos, de la superficie cortada del peciolo, si se le coloca bajo del agua. El experimento inverso no sale bien, porque los estomas de la hoja sumerjida, se obstruyen por el agua retenida capilarmente.

El aire de estas canales conductoras se pone en accion recíproca, con el contenido de las células, por el movimiento de difusion; por este motivo se cambia su composicion, y de consiguiente tienen lugar los movimientos que han de establecer el equilibrio con la atmósfera.

Estos movimientos de aire en las partes interiores

de la planta, son favorecidos por la flexion de las plantas bajo la influencia del viento, y por los cambios de temperatura.

Las plantas acuáticas, sumerjidas, poseen intersticios muy grandes, llenos de aire. Estos intersticios no están en comunicacion con la atmósfera por medio de los estomas. El cambio de gas de las diferentes células no se efectúa inmediatamente con la atmósfera, sino que se hace, por una parte, con los gases del agua rodeante, y por otra, con el aire del interior. En estos depósitos de aire se acumulan muchas veces grandes cantidades de gases, y ejercen ellos de este modo, una presion tan fuerte, que salen con un ruido perceptible al oído, cuando acontece alguna lesion á los tejidos que los rodea.

CAPÍTULO TERCERO.

El crecimiento.

§ 40. Definicion del crecimiento—Las plantas y sus órganos crecen, es decir, aumentan de volúmen y cambian al mismo tiempo su forma. Esto sucede en consecuencia de procesos interiores, que causan alteraciones duraderas.

Una planta marchitada, puesta en agua, aumenta tambien de volúmen; pero esto no se puede llamar crecimiento, porque, si se le retira el agua, vuelve á tomar su tamaño anterior, y por consiguiente, no ha tenido lugar ninguna alteracion duradera. Otra cosa es si se proporciona el agua á la semilla madura: ella brota entónces, y el gérmen encerrado en la misma se cria y sale á la luz; en este caso han tenido lugar alteraciones duraderas, porque ya no se pueden deshacer, aunque se retire el agua.

Los procesos interiores que originan estas alteraciones duraderas, consisten principalmente en el hecho de que—partículas nuevas, tanto sólidas, como de agua, son alojadas en las paredes celulares crecientes, por medio del protoplasma.

Una condicion necesaria del crecimiento es la existencia del material fundamental; pero esto no quiere decir que una planta creciente deba absorber al mismo tiempo sustancias alimenticias; generalmente se trasladan éstas, de partes mas antiguas, que ya no crecen, á los puntos donde tiene lugar el crecimiento, y allí son consumidas. Estas partes antiguas son, ó depósitos de reserva, como el tubérculo de papa, que brota; ú hojas que asimilan, como se vé del modo mas claro en los vegetales de un año de vida, por ejemplo, en la planta de tabaco. Las hojas formadas, asimilan, es decir, sacan el ácido carbónico del aire (ó del agua) y le aprovechan para la formacion del material fundamental, y á expensas de éste se crian nuevos tallos y hojas.

§ 41. El crecimiento longitudinal de los tallos, hojas y raíces.—El crecimiento está condicionado por procesos interiores; hay partes de plantas, que, despues de haber alcanzado un cierto tamaño y forma, pierden la facultad de crecer; otras (por ejemplo, los nudos de las gramas) pueden, bajo circunstancias favorables, principiar á crecer de nuevo. El crecimiento depende, ademas, de circunstancias exteriores, como son la humedad, el calor, la luz y la gravitacion. Trataremos aquí primeramente del proceso de la vegetacion, en cuanto no influyen en él estas circunstancias exteriores.

El caso ménos complicado nos ofrecen las raíces. En una raíz creciente se distinguen tres regiones:

1) el punto de vegetacion donde en el tejido primitivo (meristema primogénito) se forma, por divisiones seguidas y rápidas, un gran número de cé-

lulas nuevas, que, no obstante, se agrandan muy lentamente—

2) la parte que se estira, es decir, principalmente la parte que crece á lo largo; en ella aumentan mucho las células, de volúmen, y la division de estas células ocupa un lugar muy poco importante—

3) la parte que ha cesado de crecer. Esta parte ya no admite la formacion de células nuevas; pero, no obstante, puede estar sujeta todavía á muchas alteraciones.

La generalidad de los tallos que llegan á una largura considerable, se encuentra en las mismas condiciones que las raíces. Ellos tambien forman en la punta tejido celular por division, el cual, mas abajo, principia á estirarse y ya no crece en las partes primitivas.

Pero donde existen internodios muy marcados aparece una nueva complicacion, por razon de que cada internodio presenta por sí solo regiones de crecimiento parecido al de todo el tallo. Á mas, los nudos cesan temprano de alargarse, miéntras que los internodios continúan creciendo durante mucho tiempo.

La mayor parte de las hojas consisten al principio, de tegido celular primitivo, que se ha dividido; pero su formacion perfecta la obtienen de una manera distinta, de modo que ya no queda un punto de vegetacion para un crecimiento duradero.

Los tres estados—el de la preparacion, el del crecimiento y el deflnitivo,—abrazan sucesivamente cada célula, la que, una vez nacida en el tejido primitivo, comienza á estirarse para tomar su tamaño definitivo. Al principio se efectúa el crecimiento lentamente, alcanza en cierto tiempo su mayor rapidez y vá cesando enteramente poco á poco. Todas las células colocadas en una misma altura pasan por estos procesos de la misma manera, y, por consiguiente, se encuentra un trecho, en la parte creciente,

donde el crecimiento es mas enérgico, miéntras que en este trecho, hácia arriba y abajo, pierde aquel de su fuerza.

Cada parte de planta demuestra, en cuanto á la rapidez de su crecimiento, un *gran período*, es decir: principia á crecer lentamente, alcanzando á un cierto tiempo su mayor rapidez en el desarrollo, que, desde entónces, disminuye poco á poco, hasta que todo el órgano queda formado.

A mas de esta rapidez creciente y menguante, debe considerarse tambien el lapso que puede durar la vegetacion de una parte de la planta, y la facultad de ésta de tomar una largura determinada. Notamos, por ejemplo, que en el mayor número de los tallos los internodios de abajo quedan cortos, pero que su largura vá aumentando hácia arriba hasta una cierta parte, desde la cual disminuye nuevamente hácia la punta. De la misma manera crece y disminuye tambien el tamaño definitivo de las hojas adherentes á las diferentes partes.

§ 42. Calidades de las partes crecientes.— Si un tallo cuyas partes inferiores ya están desarrolladas, pero el cual crece todavía en su parte superior, se dobla forzosamente, notamos, que, acabado este experimento, las partes desarrolladas vuelven á tomar su posicion original, miéntras que el trecho creciente conserva la corvadura que se le ha implicado. Esto prueba,—que las partes crecientes poseen una elasticidad aún imperfecta, aunque ellas son muy flexibles. Por esta circunstancia se explica tambien el experimento siguiente: si se aplican fuertes golpes á la parte tiesa de debajo de un brote, se produce de este modo un encorvamiento en la parte creciente, es decir, en la parte superior. Este encorvamiento, ó inclinacion hácia el lado de donde se aplicaron los golpes, se conserva tambien despues de haber cesado el movimiento provocado en todo el brote.

Si se parte un internodio creciente, por su largo,

en dos partes iguales, quedan las dos mitades fuertemente hendidas á dos lados opuestos. Esto sucede, porque la médula es, de todas las capas de tejidos, la que está mas dispuesta á crecer ó estirarse; pero las capas de tejidos exteriores impiden en parte esta inclinacion. No obstante, tambien suelen ellas extenderse tanto, cuanto permite su dilatabilidad, y de este modo se producen *tensiones*. Al separar los diferentes tejidos los unos de los otros con un instrumento muy cortante, toma cada uno una largura muy distinta; la médula se pone mas larga que el internodio original; los tejidos exteriores conservan la misma longitud, ó se acortan; la epidérmis queda entónces siendo el tejido mas corto.

§ 43. La influencia de condiciones exteriores en el crecimiento longitudinal. Debemos empezar primeramente por la *humedad*. Órganos cuyas células no están llenas de agua, se hallan enteramente privadas de la facultad de crecer.

Por cuanto el crecimiento depende de la influencia del *calor*, se debe observar, que cuanto mas favorable es la temperatura, tanto mas rápida es la vegetacion. Respecto á lo demas, son vigentes para el crecimiento las mismas leyes que para todos los otros procesos de vida (véase § 47).

La influencia de la *luz* perjudica y retarda el crecimiento: es muy conocido, que tallos que brotan en la oscuridad (como por ejemplo, las papas en el sótano) se estiran mucho mas y crian internodios mucho mas largos que las plantas que crecen normalmente á la luz. Las plantas que se han criado en la oscuridad y que por consiguiente tienen una forma extraordinaria é irregular, son designadas con el nombre de «*plantas etioladas*»; sus internodios, muy largos, y sus hojas, no son verdes, sino amarillas, pero muchas veces mas pequeñas que las hojas normales. Este último fenómeno es la consecuencia de un desarrollo mórbido, porque sabemos

que la luz es indispensable para otros procesos de vida. Otra prueba de lo influyente que es el retardo de la luz ofrecen los encorvamientos de tallos que reciben luz parcial, como, por ejemplo, las plantas que se crian en las ventanas. Cuanto mas débil es la luz, tanto mas largos se crian los internodios. Cuando la luz es parcial, queda naturalmente el lado opuesto á la fuente de la luz ménos alumbrado, y se pone, por las razones mencionadas, mas largo que el que se vuelve hácia la luz. Esta circunstancia debe producir una inclinacion cóncava del lado alumbrado. Esta calidad de la mayor parte de los órganos se denomina «*heliotropismo positivo*». Los peciolos de las hojas están siempre dotadas del heliotropismo positivo y se inclinan, por consiguiente, bajo la influencia de la luz parcial, de manera que la superficie de la hoja se vuelve hácia los rayos lucíferos. En esta ocurrencia influyen tambien otras particularidades. En contraposicion de este heliotropismo positivo se entiende bajo la denominacion de «*heliotropismo negativo*» la calidad de algunas pocas partes de plantas (como por ejemplo, del tronco de la yedra y de algunas raíces) de encorvarse hácia el lado opuesto á la luz, por la razon de que el lado vuelto hácia la luz crece mas que el lado de la sombra. Sin embargo, la naturaleza del heliotropismo no es todavía bien conocida.

La *gravitacion* influye tambien en el crecimiento. Es fácil convencerse, de que el mayor número de los tallos y árboles crecen desde la superficie de la tierra: su direccion es la del radio prolongado de la misma: de igual modo crecen las raíces, y esencialmente las raíces primarias, en una direccion recta hácia abajo, y los ramos y hojas en un ángulo determinado. Si se coloca un tallo creciente en posicion horizontal, se encorva desde entónces, cóncavamente, el lado superior de la parte creciente, y convexamente el lado de abajo, de modo que el cabo que queda libre

se endereza hácia arriba y sigue creciendo en direccion perpendicular. De la misma manera se inclina el cabo creciente de una raíz hácia abajo. Si en aparatos hechos á propósito, se hacen rodar plantas germinantes en una planicie horizontal, alrededor de un centro, seguirá la raíz la fuerza centrífuga, no de otro modo que, bajo circunstancias ordinarias, sigue tambien la fuerza de la gravitacion; es decir, que la raíz crece, alejándose del centro, en direccion del radio y para afuera. El tallo por el contrario, crece en direccion opuesta á la fuerza centrífuga, hácia el centro. El hecho que bajo circunstancias normales la fuerza atractiva es realmente la gravitacion, no consta solamente por la razon de que todas las partes de las respectivas plantas crecen en todos los puntos de la superficie de la tierra, en la misma direccion del radio de la misma, sino que es confirmado tambien por experimentos hechos directamente; pues en un aparato de rotacion muy lenta no están las plantas sujetas á la gravitacion, porque ésta obra en cada momento en direccion distinta, y así se anulan sus efectos mútuamente. Pues bien, en un aparato de esta clase crecen raíces y tallos de plantas germinantes en cualquiera direccion.

§ 44. La Bilateralidad. Muchísimas partes de plantas están organizadas de modo que los diferentes lados no crecen en una misma medida. Las hojas nuevas por ejemplo, crecen al principio, en su lado inferior, con mas fuerza que en el lado superior, y por eso se pliegan sobre el tronco. El despliegue se verifica despues por el desarrollo mas vigoroso del lado superior. Este crecimiento desigual depende únicamente de causas interiores, y no de efectos exteriores. Generalmente se trata en estos casos de dos lados diferentes, y por esto se llaman las partes de plantas de tal organizacion, «bilaterales», es decir, «de dos lados». Pero hay tambien partes de plantas cuya bilateralidad es provocada por in-

fluencias exteriores. Ellas crecen desiguales en los dos lados, porque no tienen la misma sensibilidad para las influencias exteriores.

La cooperacion de las causas interiores, es decir, de la bilateralidad, con las influencias exteriores, como son luz y gravitacion, condiciona las distintas posturas que toman en la naturaleza las partes de las plantas, principalmente los tallos horizontales y oblicuos, las ramas, hojas, raíces laterales, etc.

El crecimiento inequilateral provoca movimientos, que se denominan «*nutaciones*». *La nutacion simple* tiene lugar si el movimiento se efectúa solamente de delante hácia atras, ó del lado derecho al lado izquierdo, de modo que alternativamente uno de estos lados crece con mas fuerza. Pero si sucesivamente el crecimiento prepondera en cada uno de los lados, se llama este movimiento «*nutacion revolutiva*».

De una manera muy pronunciada se muestra la nutacion revolutiva en las plantas *enredaderas* (por ejemplo, el lúpulo, judías, suspiros ó devanaderas). Miéntras que el cabo creciente de uno de los tallos de estas plantas no encuentra ningun sosten, aquella nutacion le impone un movimiento circular (que, por otros motivos, vá acompañado de torsiones, etc). Este movimiento dura hasta que el movimiento de la punta es detenido por algun sosten. Si el lado puesto delante por la nutacion, toca un sosten que no es demasiado grueso, se cambia el movimiento de nutacion, de manera que la parte superior del tallo forma una hélice ascendiente, en cuyo medio está el sosten. Al principio son las espiras de esta hélice, bajas, y tan anchas, que no tocan el sosten; solamente mas tarde se enderezan y enangostan mejor, hasta que se pegan estrechamente en el sosten. El mayor número de las enredaderas se enredan (dan vueltas) de la izpuierda, es decir: las espiras suben de la izquierda y de abajo, á la derecha y hácia arriba: so-

lamente pocas, como por ejemplo, el lúpulo, se enredan de derecha á izquierda.

En las enredaderas no es de importancia saber cuál es el lado que se pone en contacto con el sosten; y es por esto que se distinguen de los *zarcillos,* los cuales generalmente están organizados de modo que solo un lado tiene la facultad de tomar una inclinacion cóncava por el contacto con el sosten. Este lado es siempre el de abajo (ó el de atras). Otra diferencia entre las enredaderas y los zarcillos forma la circunstancia de que en estos últimos el encorvamiento se produce siempre por una irritacion inmediata, que es provocada por el contacto con el sosten sólido; pues el zarcillo se pone cóncavo en el punto del lado inferior donde tiene lugar el contacto, y en el lado opuesto, convexo. A causa de este encorvamiento primario, nuevos puntos vecinos del lado inferior, siguen tocando siempre el sosten, y por consiguiente, vá progresando el encorvamiento, hasta que toda la parte libre del zarcillo ha rodeado el sosten (véase Fig. 48). La irritacion provocada por la presion se comunica tambien al pedazo del zarcillo que está entre la base y el sosten. Pero este pedazo, que se halla ligado en sus dos cabos, no se puede encorvar simplemente como la parte libre, sino que tiene que efectuar su encorvamiento de manera que las vueltas en forma de tirabuzon formen espirales en dos direcciones opuestas. Con tal motivo hallamos en las vueltas en espirales del trecho intermedio, uno ó varios cambios de giro. (Fig. 48 w y w.) El tallo de cuyo lado sale el zarcillo, se acerca naturalmente, por el proceso descrito, al sosten. Zarcillos que no han encontrado ningun sosten toman mas tarde tambien la forma de una hélice delgada, que, como ya se entiende, no puede tener cambios de giro. Estos encorvamientos resultan simplemente de la circunstancia—que, inmediatamente ántes de completarse el desarrollo, crece el lado su-

perior del zarcillo mucho mas que el lado inferior.

Tanto en las enredaderas como en los zarcillos, tienen tambien lugar, juntamente con las nutaciones, *torsiones*, es decir, que los órganos dan vuelta sobre su propio eje de vegetacion. Torsiones de esta clase se pueden provocar ademas en otras partes de la planta, ya sea por causas exteriores, ó ya interiores. Ramas con hojas cruzadas por ejemplo, que crecen en direccion horizontal ú oblícua, arreglan aparentemente sus hojas en dos filas, por la razon de que sus internodios sufren torsiones.

La *particularidad de muchas flores, de abrirse y de cerrarse* alternativamente, v. gr., de Crocus, es tambien una consecuencia de la bilateralidad, pues las partes inferiores de las hojas de la flor están entónces creciendo aún, y son para el cambio de la temperatura y de la luz hasta tal punto sensibles, que el lado interior crece con mas fuerza, haciendo abrir la flor, cuando aumenta el calor y la luz; cuando, por el contrario, la temperatura y la luz son mas débiles, se cria el lado exterior con mas vigor, y la flor se cierra.

CAPÍTULO CUARTO.

Los movimientos de irritacion en los órganos desarrollados.

§ 45. Los movimientos y encorvamientos de las partes de plantas hasta ahora descritas, aparecen solamente durante el desarrollo del órgano respectivo y ocurren en consecuencia del crecimiento desigual de distintos lados. Pero existe una cantidad de órganos, principalmente de hojas de diferentes plantas, que, formadas en su totalidad, ejecutan movimientos. Los procesos interiores, que producen este fe-

nómeno, son muy complicados. Observarémos aquí, solamente, que estos movimientos se producen por expulsion del agua, en virtud de la irritacion, en un lado y de un cierto punto del peciolo, que es el verdadero órgano movible.

Las hojas de muchas plantas cambian diariamente su postura por la mañana y por la noche, de modo que se puede distinguir una *postura de dia* y otra *postura de noche*. De noche están las hojas, plegadas, miéntras que están desplegadas de dia. Muy conocidos son estos movimientos en las hojas de la Mimosa pudica y sensitiva, cuyas hojuelas se pliegan de noche hácia arriba, en tanto que el peciolo se dobla para abajo. Los órganos motores se encuentran en la base de las hojuelas y de los peciolos. Muchas otras Leguminosas, como el árbol llamado vulgarmente acacia, Robinia Pseudoacacia, la judía, etc., ofrecen particularidades semejantes. Las tres hojuelas que forman la hoja completa de Oxalis Acetosella y de otras especies del mismo género, se repliegan de noche hácia abajo y vuelven á abrirse por la mañana (fig. 49). Muchas otras plantas ofrecen cosas parecidas.

Este período diario se produce principalmente por el cambio de la influencia de la temperatura y de la luz. La subida de la temperatura, y la luz mas intensa, determinan la postura de dia; la disminucion de calor y de luz condicionan la postura de noche. Pero estas hojas están dotadas, por causas interiores, tambien de un movimiento periódico, que se demuestra si la planta se conserva en una oscuridad permanente. Entónces se nota. que las hojas están haciendo movimientos que, aunque débiles, son continuos.

No obstante, en algunas pocas plantas este movimiento periódico propio, producido por causas internas, se efectúa bajo condiciones constantes, puesto que la temperatura está bastante alta. V. gr., las

hojuelas de la hoja de Hedysarum gyrans (una Papilionácea indígena en las Indias Orientales) producen permanentemente un movimiento, dándose vuelta en un círculo,—vuelta que tiene la duracion de 2 á 5 minutos.

Entre las hojas que se mueven periódicamente, se halla un pequeño número, que, fuera de este movimiento, tienen la propiedad de pasar, cuando se sacuden, de la posicion diurna á la nocturna, principalmente las hojas de las especies mencionadas de Mimosa.

Los estambres de algunas flores, v. gr., de Berberis y Centaurea, son únicamente irritables por medio de sacudimientos; los de Berberis, cuando se hallan desarrollados, se encorvan, si se los toca, cóncavamente para el lado de adentro, así es que se acercan al estigma. Los de Centaurea se acortan cuando igualmente se los toca; y tocando uno de ellos, se sacuden todos los estambres de la misma flor, porque todos están pegados al cañuto de la corola. Las flores se hallan puestas, una cerca de la otra, en la misma cabezuela. Si se toca una de éstas, del lado de arriba, lentamente, con la palma de la mano, entónces se vé un movimiento ágil hormigueante, en todas las flores.

El movimiento de las hojas solamente se efectúa si la planta está en estado de irritabilidad. Por medio de una oscuridad prolongada ó de una temperatura constante, demasiado alta, ó baja, ó por medio de irritaciones químicas ó eléctricas, se produce un estado de entorpecimiento tal, que ninguna otra irritacion puede efectuar el movimiento.

CAPÍTULO QUINTO.

Condiciones generales de vida en la planta.

§ 46. Influencia del estado de calor sobre la vida vegetal. La temperatura del cuerpo vegetal depende casi exclusivamente de las inmediaciones, por la razon de que la produccion de calor en el interior de la planta, es, exceptuando unas pocas especies, sumamente insignificante. La compensacion entre las indicadas inmediaciones y la planta, se establece por conduccion é irradiacion. Los vegetales son malos conductores del calor, es decir, admiten lentamente cambios de temperatura. Por consiguiente, la planta tendrá tan pronto una temperatura mas baja, tan pronto una temperatura mas subida que las inmediaciones, cuando ocurran cambios rápidos y enérgicos de temperatura. Si estos cambios son lentos, como por ejemplo en el suelo y en el agua, las partes de la planta, que se encuentran en ellos, tendrán casi siempre la misma tmperatura que las inmediaciones. La irradiacion es en las plantas, y principalmente en las hojas, una causa muy importante del cambio de temperatura. Por este movimiento sucede, que particularmente de noche las plantas se enfrian con aire claro, por la irradiacion mucho ó mas que la atmósfera inmediata. De aquí resulta tambien la formacion del rocío y de la escarcha. Un segundo motivo del enfriamiento de las partes de la planta que son expuestas al aire, consiste en la evaporacion, la cual produce preferentemente de dia este efecto—que la temperatura de las hojas se pone mas baja que la de la atmósfera rodeante.

Cualquier proceso en la planta está condicionado por una cierta temperatura; esto quiere decir, que él no puede efectuarse si la temperatura excede los lí-

mites de un cierto mínimo ó máximum de calor. Esta ley es extensible al crecimiento, la asimilacion, los movimientos del protoplasma, las funciones de las raíces, etc. Entre estos dos límites,—el mínimun y el máximum,—existe para cada funcion y para cada planta distintamente, un «optimum», en que la funcion pasa de un modo mas intenso. Por consiguiente, la temperatura influye con cada grado mas favorablemente, si sube del mínimun hasta el óptimum, miéntras que su influencia se pone ménos favorable con cada grado que sube del óptimum hasta el máximum.

Por lo general se puede suponer, que todas las funciones de vegetacion de las plantas de un clima moderado principian con una temperatura de algunos centígrados arriba de cero para aumentar de intensidad hasta 25 á 30, temperatura en la cual han llegado á su óptimum; de 30 hasta 45 centígrados mas ó ménos, disminuye la fuerza de las funciones, y con un calor de 50 centígrados arriba, de cero, cesan las funciones completamente. En plantas de un caloroso clima se ha puesto el límite inferior mucho mas alto; la semilla de la calabaza por ejemplo, principia á brotar solamente con una temperatura de 13 centígrados.

La muerte á consecuencia de una temperatura demasiado alta depende de la cantidad de agua que contiene el cuerpo vegetal.

Semilla seca de alverja pierde la facultad de brotar, solamente exponiéndola durante una hora á una temperatura superior á 70 centígrados, miéntras que embebida de agua alcanza á morirse con una temperatura de 54.° C.

La generalidad de los cuerpos vegetales perecen en el aire bajo la influencia duradera de una temperatura de 50.° C., y en el agua con 45.° C.

Las plantas *se hielan*, es decir, sufren ó mueren

por el frio, cuando la temperatura desciende en la planta algunos ó á veces muchos grados bajo de cero. Pero hay plantas que no perecen de frio, como por ejemplo, los líquenes, musgos y hongos: son precisamente las mismas que no mueren tampoco por el desecamiento.

Cuerpos vegetales secos, como la mayor parte de las semillas, las yemas de invierno de muchos árboles, etc.. son generalmente muy insensibles; pero mueren fácilmente de frio, si contienen una cantidad mas crecida de agua, como las yemas durante el desarrollo, y todos los cuerpos vegetales zumosos. Si se expone una planta zumosa á la influencia del frío, sale de las células una cantidad de agua correspondiente al descenso de la temperatura. Esta agua se congela en la superficie de las células, miéntras que los tejidos se encojen en con formidad con la pérdida de agua. En el interior de las células nunca se hiela el agua. El agua congelada que sale de las células. formas masas ó costras (fig. 50) y á veces peines largos, que consisten de cristales paralelos de hielo, separados entre sí. Este hielo es casi enteramente puro, pues las sustancias que estaban disueltas en el agua se concentran en el resto de la que queda subsistente en las células. Consta, que esta formacion de hielo no es de por sí dañosa para las plantas, porque si el deshielo se efectúa lentamente, absorben las células el agua deshelada paulatinamente y vuelven á tomar su estado anterior. Pero si el deshielo se hace rápidamente, el agua se derrite repentinamente en grandes cantidades, y no tiene tiempo de volver á entrar en las células. Entónces el agua se estanca en los intersticios, lo que malea el color de las plantas y las expone á podrir se; ó descorre ó se evapora, de manera que la planta se seca. No obstante, hay algunas plantas, por ejemplo las hojas de la calabaza y de la dalia,

que no pueden salvar de la muerte de frío, aunque el deshielo se efectúe lentamente.

Un efecto particular produce el frío en algunas hojas verdes. Las ramas y hojas de Thuja, Ilex, etc., se ponen moradas por el frío, y calentándose vuelven á tomar su color verde. Este descoloramiento es una consecuencia de la trasformacion del clorofilo mismo, y no se debe confundir con el tinte colorado que toman muchas hojas en el otoño é invierno, y que es efecto de la tintura disuelta.

§ 47. Como ya hemos visto, LA LUZ es una condicion indispensable de la asimilacion; pero si ésta ha tenido lugar, se pueden efectuar los demas procesos del cambio de materia y del crecimiento, aún sin intervencion de la luz, aunque las funciones son modificadas por su ausencia. Los depósitos de materia de reserva, como las papas, crian brotes en una oscuridad absoluta. El cabo creciente del tronco de una planta vigorosa, introducido en un compartimiento oscuro, produce hojas, flores y frutos, porque las hojas inferiores del tronco, que pueden asimilar á la luz, le remiten los alimentos necesarios. Si tomamos en consideracion las modificaciones que efectúa la luz en el crecimiento, en el cambio de sustancia y en procesos semejantes, resultan cinco efectos de la luz sobre la vida vegetal, que se deben separar en dos grupos. El primer grupo forman los efectos químicos, que son producidos principalmente por los rayos ménos refractados (los amarillos), en oposicion al efecto químico de la luz sobre la solucion de plata, etc. El segundo grupo se compone de los efectos mecánicos, que pertenecen especialmente á los rayos refractados (los azules).

El efecto *químico* de la luz es

1) indispensable para la *formacion del clorofilo,* porque la tintura se produce imperfectamente sin luz, pues los cuerpos del clorofilo (aunque sean sepa-

rados tambien en la oscuridad de las otras sustancias) solo se tiñen amarillo en lugar de verde. La cooperacion de la luz es necesaria para la produccion de la tintura verde, y para este efecto son eficaces con especialidad los rayos ménos refractados, sin que los son mas dejen de influir en este proceso. Solamente unos pocos cuerpos vegetales, como los brotes de los leños resinosos y las hojas de los helechcs, pueden enverdecer en la oscuridad. No obstante, no se debe olvidar que la produccion del clorofilo depende tambien de la temperatura, pues si ella es muy baja no se forma clorofilo. Por esta razon sucede—que brotes que salen del suelo muy al principio de la primavera pueden quedar amarillos algunos dias, apesar de la influencia de la luz, hasta que la temperatura se ponga mas favorable.

2) Ya hemos explicado arriba (§ 29), en qué y en cuánto grado depende la *asimilacion*, de la luz. La eficacia de los rayos muy refractados es insignificante en este proceso.

Efectos mecánicos son:

3) El hecho—que la luz mas intensa hace tomar las hojas y otras partes verdes de muchas plantas un tinte verde claro, miéntras que, al mismo tiempo, las partes que se encuentran á la sombra conservan su color verde oscuro. Hasta ahora se ha observado, que este cambio de color resulta de alguna alteracion en la postura de los granos de clorofilo en las células, la que probablemente se produce por el protoplasma.—Muchas zoosporas se acercan á la fuente de la luz; otras la huyen.

4) La division de células es independiente de la luz, pues se efectúa frecuentemente en compartimientos que no reciben luz (por ejemplo, en los puntos de vegetacion), y en otros casos tiene lugar con plena luz, por ejemplo en muchos estomas. Pero, por el contrario, hemos visto mas arriba, que la luz, y

exclusivamente los rayos mas refractados, retardan el crecimiento de todos los órganos positivamente heliotrópicos.

5) La luz influye de dos distintos modos sobre los órganos vegetales que son irritables y movibles: en primer lugar, la postura de dia provoca el aumento de la intensidad de luz; en segundo lugar, el estado de irritacion depende de la circunstancia de haber estado expuesta la planta normalmente, durante algun tiempo, á la luz.

§ 48. La gravitacion. Todas las plantas y partes de plantas están sujetas naturalmente á la ley general de la gravitacion. Ya hemos visto (§ 43) de qué manera ella influye, mediante el crecimiento, sobre la direccion de las partes de la planta. Pero el organismo de ésta está dispuesto tambien de modo que el peso de las distintas partes se puede poner en proporcion con las demas circunstancias. La solidez de la leña contribuye esencialmente para sostener las ramas cargadas de hojas y frutas. Las enredaderas y zarcillos trepantes se sirven para el mismo fin de cuerpos ajenos; las plantas acuáticas poseen disposiciones especiales, como compartimientos llenos de aire, tallos largos, etc., para hacer subir algunas de sus partes á la superficie del agua. Las semillas y frutas de muchas plantas están provistas de apéndices vellosos, plumosos ó aliformes, que facilitan su movilidad por el viento, de manera que se pueden trasportar hasta á los cerros mas altos.

§ 49. La electricidad. Es probable que los numerosos procesos químicos en la planta vayan acompañados de oscilaciones eléctricas. Las tensiones de la electricidad entre aire y tierra se compensarán por medio de las plantas, porque las savias vegetales son buenos conductores de aquella. Los rayos que suelen descargarse con preferencia sobre los árboles altos, dan una prueba evidente en favor de esta suposicion. En cuanto á lo demas, poco se

sabe. Irritaciones eléctricas muy pronunciadas hacen en las hojas irritables,—por ejemplo, en las de la Mimosa—el mismo efecto que los sacudimientos. El protoplasma no muestra tampoco en consecuencia de las irritaciones eléctricas alteraciones particulares, las cuales no se podrian provocar tampoco, por otros procedimientos.

CAPÍTULO SESTO.

La multiplicacion y el cambio de generacion.

§ 50. Varias plantas poseen la facultad de multiplicarse por la despegadura de yemas prolíficas. Una multiplicacion parecida tiene lugar por la circunstancia,—que algunos tallos, principalmente los rizomas subterráneos y tallos rastreadores, forman ramificaciones, y cuyas ramas presentan mas tarde plantas independientes, con motivo de que los tallos mueren y se pudren contínuamente del lado opuesto. Tambien se pueden cortar artificialmente, de muchas plantas, ramas y hojas, que, bajo circunstancias favorables, crian raíces y forman así plantas nuevas. Todos estos procesos, que aún presentan muchas otras variaciones, están comprendidos bajo la palabra «*multiplicacion vegetativa*».

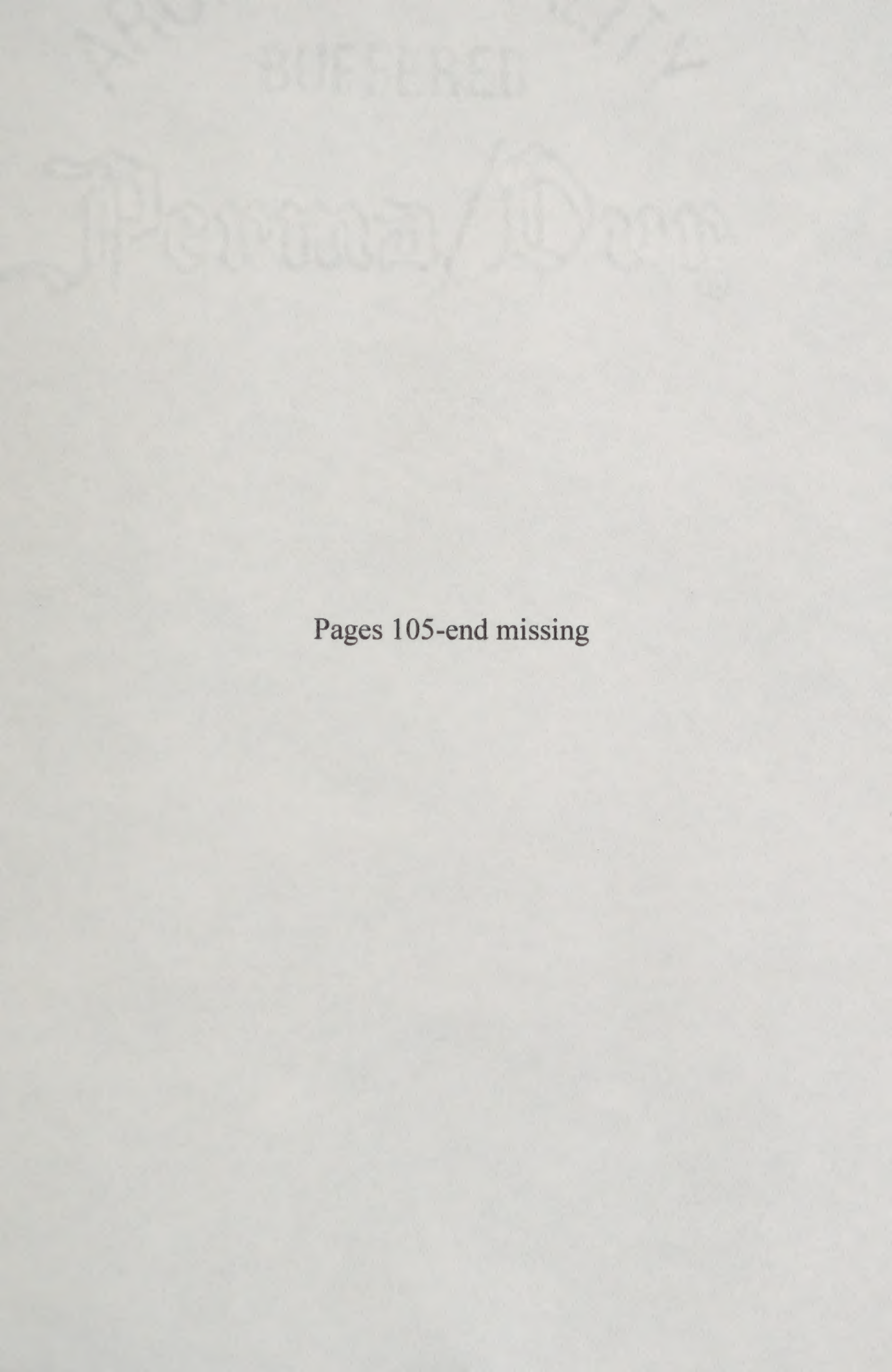
Pero con excepcion de algunas Algas y Hongos de las familias mas bajas, que son todavía poco conocidas, tiene lugar tambien, en todas las plantas, *procreacion* en el verdadero sentido de la palabra. Ella puede efectuarse de dos diferentes maneras:

a. Como *procreacion no sexual* por medio de *esporas,* las que se encuentran comunmente en las Cryptógamas, pero las cuales faltan en las Fanerógamas; se distinguen por la circunstancia, de que brotan y producen plantas nuevas sin la cooperacion de

otras partículas de planta. Por lo general, consisten, con excepcion de algunos Hongos, de una sola célula.

b. La segunda forma de procreacion es la *sexual*. Esta consiste en la formacion de dos células, cuya union es indispensable para que resulte un producto capaz de desarrollarse. En ciertos grupos de las Algas y Hongos (Conjugatas y Zygomycetes) son estas dos células de la misma forma y tamaño: entónces se llama el proceso de procreacion *«conyugacion»*. Pero comunmente se hace la fructificacion en el sentido propio entre dos células muy distintas en su forma y tamaño, de las cuales una se llama macho y la otra hembra. En casi todas las Criptógamas son los cuerpos machos de fructificacion: *«espermatozóides»*, es decir, partículas desnudas de protoplasma, dotadas de movimiento propio, que penetran en el órgano hembra de fructificacion para unirse con la célula hembra ó embrional, que es tambien una célula desnuda, primordial, pero mucho mas grande y dependiente de la planta. La célula embrional se cubre entónces con una membrana y se trasforma en el embrion ó gérmen. En las Fanerógamas, que se distinguen por la produccion de semillas verdaderas, sirven los *granos de pólen* (las células de los polvos seminales) como células masculinas, que, creciendo en forma de un largo caño, efectúan la fructificacion por su contacto con la célula embrional y la cual se encuentra en el interior del ovario.

En estos últimos nace por la fructificacion, inmediatamente, una planta nueva, que es exactamen igual á la planta madre. Para las Cryptógamas y principalmente para las de un órden superior, es, por el contrario, la regla general, que, durante todo el desarrollo de la planta tienen lugar alternativamente dos distintos modos de procreacion—una sexual y la otra no sexual. Al lado del reves de las



Pages 105-end missing